



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學博士 學位論文

외해 개방형 정박지의 선박 정박 안전시스템 개발에
관한 연구

A Study on Development Of Safety Anchoring System on Anchorage
Facing the Open Sea



指導教授 鞠 承 淇

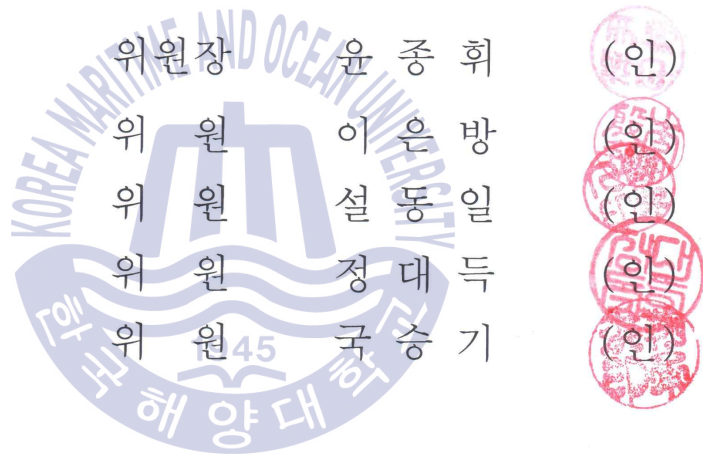
2015年 8月

韓國海洋大學教 大學院

海 洋 警 察 學 科

金 正 瑒

본 논문을 김정록의 공학박사 학위논문으로 인준함.



2015년 8월

한국해양대학교 대학원

목 차

List of Tables	v
List of Figures	vii
Abstract	ix

제 1 장 서론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구목표	3
1.3 연구방법	3
1.4 기대효과	4
제 2 장 선박 정박 안전성	5
2.1 정박 안전성 개요	5
2.2 정박지 환경요소	6
2.2.1 기상 요소	6
2.2.2 저질	8
2.2.3 수심	9
2.3 외력요소	9
2.3.1 풍압력	10
2.3.2 표류력	10
2.3.3 조류력	11
2.4 대항력요소	11
2.4.1 파주력	12
2.4.2 추진력	14
2.5 정박지 운영관련 법규	15

2.5.1 국제해상충돌예방규칙(COLREG)	15
2.5.2 해사안전법	16
2.5.3 개항질서법	17
2.5.4 항만법	19
2.5.5 도선법	19
제 3 장 정박지 안전시스템 분석	20
3.1 정박지 형태	20
3.1.1 정박지 형태 구분	20
3.1.2 정박지 현황	20
3.1.3 외해 개방형 정박지 형태	27
3.2 정박지 위험 요소	30
3.2.1 기상요건	30
3.2.2 저질요건	34
3.2.3 수심	42
3.2.4 정박지 지정방식	43
3.2.5 사고사례 조사	44
3.3 외해 개방형 정박지 안전 시스템 도출	48
3.3.1 고정요소	50
3.3.2 가변요소	52
제 4 장 외해 개방형 정박지 안전시스템 설계	54
4.1 지형적 특성	54
4.2 외력요소	54
4.2.1 풍압력	55
4.2.2 표류력	55
4.2.3 조류력	56
4.3 안전을 위한 이동명령에 관한 법규	57

4.3.1 해양경비법	57
4.3.2. 수난구호법	57
4.3.3 개항질서법	58
4.3.4 항만시설 운영세칙	60
4.4 선박 크기별 대항력 분석	61
4.4.1 대상선박 선정	61
4.4.2 대상선박별 저질에 따른 한계풍속	65
제 5 장 사례적용 및 검증	82
5.1 포항항 사례적용	82
5.1.1 포항항 정박지 현황	82
5.1.2 포항항 운영현황	83
5.1.3 정박지 한계풍속 적용	92
5.2 정박지 안전시스템 검증	100
제 6 장 결론	102
참고문헌	105

List of Tables

Table. 1 Standard of Special Announce on National Weather Service	7
Table. 2 Coefficient of Anchor and Chain	13
Table. 3 Anchorage on Soncho Port	21
Table. 4 Anchorage on Okgye Port	21
Table. 5 Anchorage on Donghae Port	22
Table. 6 Anchorage on Mukho Port	22
Table. 7 Anchorage on Samchuk Port	23
Table. 8 Anchorage on Hosan Port	23
Table. 9 Anchorage on Pohang Port	24
Table. 10 Group Anchorage Area Position on Ulsan Port	25
Table. 11 Group Anchorage Area on Ulsan Port	26
Table. 12 E-Group Anchorage on Ulsan Port	26
Table. 13 Storm Newsflash days on Middle-East	30
Table. 14 Storm Newsflash days on East-South	31
Table. 15 Max. Wind Speed of Typhoon given effected at east coastal	33
Table. 16 Max. Wind Speed Record of Typhoon	33
Table. 17 Survey boat	34
Table. 18 Seabed Survey Result of each Point	37
Table. 19 Ship's Specifications of DWT 30,000ton class	45
Table. 20 Equipment Number of DWT 30,000ton class	45
Table. 21 Comparison Table of each seabed of DWT 30,000ton class	46
Table. 22 Ship's Specifications of DWT 14,000ton class	47
Table. 23 Equipment Number of DWT 14,000ton class	47
Table. 24 Comparison Table of each seabed of DWT 14,000ton class	48
Table. 25 Statistics of Ship's arrival on Pohang port	62
Table. 26 Specifications of Target ships	63
Table. 27 Equipment Number & Projected wind Area of Target ships	64
Table. 28 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT3K/3m wave	66

Table. 29 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT 3K/5m wave	67
Table. 30 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT5K/3m wave	68
Table. 31 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT5K/5m wave	69
Table. 32 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT7K/3m wave	70
Table. 33 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT7K/5m wave	71
Table. 34 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT14K/3m wave	72
Table. 35 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT14K/5m wave	73
Table. 36 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT33K/3m wave	74
Table. 37 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT33K/5m wave	75
Table. 38 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT50K/3m wave	76
Table. 39 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT50K/5m wave	77
Table. 40 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT70K/3m wave	78
Table. 41 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT70K/5m wave	79
Table. 42 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT150K/3m wave	80
Table. 43 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT150K/5m wave	81
Table. 44 Record of occupied anchorage from 1st to 7th Feb. 2014	85
Table. 45 Record of occupied anchorage from 8th to 14th Feb. 2014	86
Table. 46 Record of occupied anchorage from 15th to 21st Feb. 2014	87
Table. 47 Record of occupied anchorage from 22nd to 28th Feb. 2014	88
Table. 48 Monthly Statistics of each Anchorage	90
Table. 49 Basic data of each anchorage	92
Table. 50 Procedure on Safety System for Anchored vessel	101

List of Figures

Fig. 1 Open-Sea anchorage Sample – Pohang Port	28
Fig. 2 Open-Sea anchorage Sample – Donghae-Mulho Port	29
Fig. 3 In-Harbour anchorage Sample – Busan Port	30
Fig. 4 Storm Newsflash days on Middle-East	31
Fig. 5 Storm Newsflash days on East-South	31
Fig. 6 Survey boat	34
Fig. 7 Seabed sample Acquisition	35
Fig. 8 Survey boat Trajectory	35
Fig. 9 Position of Seabed sample Acquisition	36
Fig. 10 Survey Result of Shallow strata	38
Fig. 11 Shallow strata image around M17	39
Fig. 12 Shallow strata image around M18	40
Fig. 13 Shallow strata image around M19	41
Fig. 14 Result of sediment survey on 5th section anchorage	42
Fig. 15 Trajectory of Ship occurred maritime accident	45
Fig. 16 Comparison of each seabed of DWT 30,000ton class	46
Fig. 17 Trajectory of Ship occurred maritime accident – 2	48
Fig. 18 Comparison of each seabed of DWT 14,000ton class	49
Fig. 19 Component of Anchorage Safety system	51
Fig. 20 Lying at single anchor	52
Fig. 21 Mooring	53
Fig. 22 Critical velocity under DWT 3K / 3m wave condition	67
Fig. 23 Critical velocity under DWT 3K / 5m wave condition	68
Fig. 24 Critical velocity under DWT 5K / 3m wave condition	69
Fig. 25 Critical velocity under DWT 5K / 5m wave condition	71
Fig. 26 Critical velocity under DWT 7K / 3m wave condition	72
Fig. 27 Critical velocity under DWT 7K / 5m wave condition	73
Fig. 28 Critical velocity under DWT 14K / 3m wave condition	74
Fig. 29 Critical velocity under DWT 14K / 5m wave condition	75

Fig. 30 Critical velocity under DWT 30K / 3m wave condition	76
Fig. 31 Critical velocity under DWT 30K / 5m wave condition	77
Fig. 32 Critical velocity under DWT 50K / 3m wave condition	78
Fig. 33 Critical velocity under DWT 50K / 5m wave condition	79
Fig. 34 Critical velocity under DWT 70K / 3m wave condition	80
Fig. 35 Critical velocity under DWT 70K / 5m wave condition	81
Fig. 36 Critical velocity under DWT 150K / 3m wave condition	82
Fig. 37 Critical velocity under DWT 150K / 5m wave condition	83
Fig. 38 Anchorage on Pohang port	84
Fig. 39 Planned new Anchorage	84
Fig. 40 Record of occupied anchorage during Feb. 2014	86
Fig. 41 Average anchoring time per day of each anchorage	93
Fig. 42 Average anchoring vessels no. per day	93
Fig. 43 Critical velocity of available ship's under wave 3m on Zone 1	95
Fig. 44 Critical velocity of available ship's under wave 5m on Zone 1	95
Fig. 45 Critical velocity of available ship's under wave 3m on Zone 2	96
Fig. 46 Critical velocity of available ship's under wave 5m on Zone 2	97
Fig. 47 Critical velocity of available ship's under wave 3m on Zone 3	98
Fig. 48 Critical velocity of available ship's under wave 5m on Zone 3	98
Fig. 49 Critical velocity of available ship's under wave 3m on Zone 4	99
Fig. 50 Critical velocity of available ship's under wave 5m on Zone 4	100
Fig. 51 Critical velocity of available ship's under wave 3m on Zone 5	101
Fig. 52 Critical velocity of available ship's under wave 5m on Zone 5	101

A Study on Development Of Safety Anchoring System on Anchorage
Facing the Open Sea

Kim, Jeong Rok

Department of Coast Guard Studies,
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

Recently, Due to variable marine accident occurred, problems relating to marine accidents have been raised. Of these accidents, designated anchorage of Korea coastal port, specially open-sea anchorage, were occurred by dragging anchor and accidents are likely, due to failure to obtain a valid ship's holding power so that it is the situation unsatisfactory that ensuring the safety of the anchored ship and anchorage systematic safety management standards for the efficient operation of the anchorage. also in case of open-sea anchorage, anchored ship's safety is vulnerable against external force of certain conditions due to geographical location and topographical characteristics of the port, accidents are likely dragging anchor by typhoon or suddenly strong wind and secondary accidents are concerned.

It were classified 3 type's anchorage In-Harbour anchorage, Semi-closed anchorage, Open seas anchorage, according to location of anchorage whether it has factors that could reduce external force or not,

There are several port that has Open Sea Anchorages around east coastal of Korea, To improve anchored vessel's safety on open sea anchorage of these ports, Target ship's was decided by ships size from ship's statistics records of ship's entrance on Korean all ports, Using the specification to the selected target vessel, it was calculated limited external wind speed of each sea-bed at anchorage.

Under the ballast condition of target ships, limited holding power of all target vessels was reached limited external force when wind speed was 14m/s at storm advisories, Under the full loading condition of target ships, limited holding power of all target vessels was reached when wind speed was 18m/s. Through these results, target vessels were found in order to face an external force limit.

This paper shows standards of limit external force to ensure the safety anchorage each of ship's size through review marine accidents on Pohang port, also it is expected to be used as a basic reference for anchoring safety and efficient anchorage management.

KEY WORDS: Open sea anchorage 외해 개방형 정박지; Ship's holding power 선박 파주력; Limited external force 한계외력; Dragging anchor 주묘; Anchoring safety 정박 안전성;

제 1 장 서 론

1.1 연구배경

최근 세월호 사고 등 각 중 해양사고 발생으로 인하여 해양관련 안전관련 문제들이 대두되고 있고, 정박지 내에서 기상악화로 인한 주요사고들이 빈번하게 발생하고 있는 실정으로 정박지를 관리하는 기관들에서는 정박선박의 안전 확보와 정박지의 효율적인 운영을 위한 선박정박 안전시스템을 구축하여 정박지를 체계적으로 관리할 기준안이 필요한 실정이다.

우리나라 연안에는 국가관리 무역항 14개소와 지방관리 무역항 17개소로 총 31개소 무역항이 있으며 이들 항만들은 항만의 규모, 지리적 위치와 입출항 선박 통항량 따라 정박지 수역시설의 크기는 다르지만 크고 작은 정박지를 지정하여 운영하고 있다.

정박지 안전 확보 및 효율적인 운영을 위하여 국가는 해상교통관제센터 운영과 항만시설 운영세칙 마련하여 운영하는 등의 노력은 하고 있으나, 정박지에 정박 중인 선박의 안전 확보를 위하여 선박 크기별, 정박지 저질과 풍속에 따른 선박 크기별 대항력을 계산하여 정박지에서 선박이 확보할 수 있는 최소한의 안전기준은 미흡한 실정이다.

개항의 정박지는 항만이 위치하고 있는 지형적인 특성이나 항만의 형태로 인해 선박이 묘박할 수 있는 수역이 항만내부에 있는 항내 정박지(In-Port Anchorage)가 있고, 자연적인 환경, 지형적인 특성이 정박지를 일부 보호해주는 형태의 부분 폐쇄형 정박지(Semi-Close Anchorage)와 외해와 직접 접하고 있는 외해 개방형 정박지(Open-sea anchorage)로 나눌 수 있다.

정박 중인 선박들에게 안전을 위협하는 요소로는 정박지가 위치한 지역적인 특성에 따라 차이가 있을 수 있으나, 앞서 언급한 정박지의 위치가 어디 있는가에 따라 항내정박지(In-Port anchorage, 부분 폐쇄형(Semi-Close anchorage), 왜해개방형 정박지(Open-Sea anchorage) 순으로 위험도가 높아지고, 기상악화로 인한 선박이 받는 외력이 현격하게 커지거나 선박 투묘위치의 해저저질 불량으로 인한 파주력 감소 등이 있을 수 있다.

또한 정박지 운영에 있어 정박선박의 분포에 따라 기상악화로 인한 정박선박이 증가할 경우 밀집도가 높아져 선박이 정박 중 주요로 인하여 인근 정박 중인 선박과 충돌 등 2차사고 발생시키는 문제도 발생함으로 정박 중 선박은 주요발생에 대해 주의 깊게 경계를 해야 하고, 정박지 관리 기관에서는 관리수역 시설에서 주요로 인한 2차사고 발생이 없도록 정박선박의 투묘위치를 사전에 선정하는 등 비상상황에 대비한 안전조치를 취할 수 있어야 한다.

정박지에서 선박의 정박 안전성은 선박이 받는 외력에 대항하여 선박의 규모에 따라 갖는 앵커 및 앵커체인 의장수가 영향을 미치는 파주력과 이 파주력을 보완할 수 있는 추진력으로 나타낼 수 있는 평형방정식에서 해저저질에 따른 한계풍속을 도출하여 이용할 수 있다.

그 동안 태풍 피항 시 묘박중인 선박의 안정성 평가를 위한 이론적인 방법을 제시한 묘박중인 선박의 주요 한계에 관한 연구(이 등, 2005)와 주요 사례를 통한 AC-14형과 ASS형 앵커의 파주계수 비교에 관한 연구(정 등, 2011), 실선계측에 의한 주요패턴 분석에 관한 연구(정 등, 2009), 미포항 비상정박지 지정에 관한 연구(이 등, 2012), 울산 E 집단정박지 묘박안정성 평가에 관한 연구(이, 2014)등의 연구들이 이루어졌으나 이들 연구들은 선박 관점에서 정박 안전성을 평가하여 안전을 확보하는 방안들을 제시하는 연구들이었다.

본 논문에서는 특정선박에 국한 되는 것이 아니라 정박지 관할 기관에서 정박 중인 선박이 받는 외력과 선박이 갖는 파주력 계산을 통해 선박의 안전 한계 기준을 도출하고 이 기준을 활용하여 상대적으로 외부환경에 열악한 외해개방형 정박지의 안전성 확보를 위한 기준안을 시스템화 하여 제시함으로써 정

박지 관할기관에서 안전하고 효율적인 정박지 관리를 할 수 있도록 하고자 한다.

1.2 연구목표

우리나라 무역항 인근 수역에 지정되어 관리되고 있는 정박지 중 기상악화로 인한 외부 환경에 노출되어 정박선박에 안전을 위협할 수 있는 정도에 따라 정박지 유형을 외해 개방형정박지(Open sea anchorage), 부분폐쇄형 정박지(Semi-closed anchorage), 항내 정박지(In harbour anchorage)로 구분하고, 정박지에서 기상악화 등의 외적요소에 의해 상대적으로 정박 선박의 안전 확보가 취약한 외해 개방형 정박지에 선박정박 안전시스템을 도입하여 정박지 관할기관이 정박지의 효율적인 운영과 정박선박의 안전 확보를 도모할 수 있는 선박 크기별 한계 외력의 기준을 제시하고자 한다.

1.3 연구방법

무역항 인근에는 대기 선박이나 피항을 위해 선박들이 이용할 수 있는 정박지를 지정하여 운영하고 있다. 항만을 입출항하는 선박들이 작업대기 등의 이유로 정박지를 이용하므로 해당 항만을 입출항하는 선박의 크기와 선종별로 구분할 필요가 있으며, 선박이 갖는 대항력에서 과주력 부분에 영향을 미치는 자연조건으로 해저저질과 수심의 영향을 고려해야 한다.

우선, 우리나라 31개 무역항 인근 수역에 지정된 정박지들의 형태를 볼 때 지형적으로 외력으로부터 보호를 받을 수 있는 환경을 갖추었는지 여부에 따라 항내정박지(In-Harbour anchorage), 부분 폐쇄형 정박지(Semi-Close anchorage), 외해 개방형정박지(Open-Sea anchorage)로 구분할 수 있다.

항만에 인접한 정박지들의 유형을 지형적인 특징에 따라 3가지 형태로 분류하고 정박지 환경으로 가장 열악한 외해 개방형 정박지(Open-Sea Anchorage)에 대한 정의를 내린다. 또, 외해 개방형 정박지에 선박이 정박할 때 정박 안전성에 영향을 미치는 요소는 무엇인지를 검토하고, 이들 항만을 입출항 하는 선

박들의 대표선박을 선정하여 선박의 제원 등 정박 안전성 계산에 필요한 자료를 수집한다.

본 논문의 연구를 위하여 동해안에 위치한 대표적인 외해 개방형 정박지인 포항항을 표본으로 하여 2014년 2월 한 달 동안 정박지를 이용한 선박을 대상으로 수집된 정박선박의 통계자료를 토대로 하여 대표선박의 표본을 도출하였고, 이들 대표선박이 정박했을 때 영향을 미칠 수 있는 기상조건을 대입하여 정박 선박이 제시한 외력 조건하에서 견딜 수 있는 저질별 한계풍속을 도출하였고 도출된 한계풍속은 대상선박이 정박지에서 제시되는 기상조건하에서 대항할 수 있는 한계를 나타내므로 이 한계풍속을 정박선박의 크기별 안전조치를 취할 수 있는 기준으로 활용할 수 있도록 제시 하였다.

1.4 기대효과

무역항 인근에 위치한 정박지들을 이용하는 선박들이 기상악화에 대비하여 안전 확보 및 정박지를 효율적인 운영을 위한 방안을 적용할 수 있다.

동해안에 위치한 외해 개방형 정박지를 운영하고 있는 무역항들뿐만 아니라 일부 남해안, 서해안에 위치한 항만에 대해서도 지형적인 특성으로 인해 외해 개방형 정박지를 운영하고 있는 항만에서는 태풍이나 풍랑특보 등의 기상악화에 대비하여 정박선박의 안전 확보 및 정박지의 효율적인 운영을 위하여 정박선박안전시스템에서 제시한 방법을 적용하면 효과적일 것으로 판단된다.

아울러 정박지를 관할하는 관계당국에서는 본 논문에서 제시하는 선박 크기별 한계풍속을 고려하여 기상악화 시 정박지 운영에 좋은 지침이 될 수 있을 것으로 사료된다.

제 2 장 선박 정박 안전성

2.1 정박 안전성 개요

항만 및 어항 설계 기준(국토해양부, 2005)에 따르면 정박지는 바람, 파랑 및 조류 등과 같은 기상조건이 양호한 해역으로 기상이변, 돌풍, 황천, 태풍 등으로부터 보호 받을 수 있는 해역에 닻의 파주력(Holding power)이 충분히 확보될 수 있는 양호한 저질이고 해저면이 평평하거나 경사가 적어 비교적 완만한 장소이고 정박지 주변 교통량이 적고 교통 흐름이 일정한 해역에 지정하는 것이 바람직하다.

또한, 정박지 주변에 비교적 넓은 가항수역이 확보되어 있으면서 어장, 장애물, 해상 구조물 같은 통항 위험요소가 없는 장소이고, 입항 대상항만에 인접하여 정박지로 진출입 및 접근성이 용이한 해역이면서 정박지에서 발생할 수 있는 주요 혹은 충돌 등의 해양사고로부터 피해를 최소화할 수 있는 장소이다.

개항질서법에서 정박지는 선박이 해상에서 닻을 바다 밑에 내려놓고 운항을 정지할 수 있는 장소로 명시하고 있다. 또한 개항의 항계안 등에 정박하는 선박은 지체 없이 예비용 닻을 내릴 수 있도록 닻 고정 장치를 해제하는 등 선박 안전을 위한 조치를 하여야 하며, 동력선은 즉시 운항 할 수 있는 기관의 상태를 유지하여야 한다.

이러한 정박지에서 안전을 확보하며 효율적인 운영을 하기 위하여 국가는 해상교통관제센터를 운영하고 있으며, 각 지방해양항만청은 항만별 운영세칙 등을 마련하는 등의 정박선박들의 안전을 위해 노력을 하고 있으나, 기상악화에 따른 선박 정박 안전에 관한 세부 기준은 미흡한 실정이다.

항만 및 어항설계 기준의 조건으로 지정되어 있는 정박지는 외해로부터 영향을 직접적으로 받아 선박이 정박 중 주요의 위험이 상대적으로 높은 외해 개방형 정박지(Open-sea Anchorage)와 지형적인 특성으로 인하여 정박선박이 받을 수 있는 외력이 일부 감쇄되는 정박지를 부분 폐쇄형 정박지(Semi-Close Anchorage), 그리고 방파제 등 인공구조물에 의해 정온도가 유지가 수월한 항만내부 정박지(In-Harbor Anchorage)로 구분하였다.

외해 개방형 정박지는 무역항을 이용하는 선박들이 정박하는 수역으로 그 위치가 육지나 섬 또는 인공구조물 등에 의해 보호를 받지 못하고 외해로부터 오는 외력을 직접적으로 받는 장소에 지정된 정박지로 정의한다.

리아시스식 해안으로 구성된 남해안과 서해안과 달리 동해안에 위치한 무역항에 입출항하는 선박들이 임시로 사용할 수 있도록 지정된 정박지는 선박이 기상악화로 인하여 정박선박이 직접적으로 외력을 받음으로써 사고 위험의 개연성이 큰 외해 개방형 정박지에 속한다.

우리나라 동해안에 위치한 무역항들에 지정된 정박지 대부분은 기상악화로 인한 풍압력과 조류력 및 표류력으로 구분되는 외력으로부터 보호 받을 수 없는 수역에 위치하고 있다. 동해안 중부에 위치한 옥계항, 동해·묵호항, 삼척항 등과 동해남부의 포항항 및 울산항 등이 있으며, 포항항과 울산항은 타 항만에 비해 연간 입항척수 및 정박지를 이용하는 선박척수가 많은 대표적인 항만이고 울산항의 경우 위험화물 관련된 항구로 그동안 연구가 많이 수행된 항만이기 때문에 그 외 항만 중 입출항 빈도가 높은 포항항을 대표 항만으로 사례를 적용 하였다.

2.2 정박지 환경요소

2.2.1 기상 요소

정박 중인 선박은 기상조건 중 바람에 의한 영향이 가장 크게 작용하고, 수면하 면적의 크기에 따라 영향을 주는 유압력에 의한 영향과 파랑에 의한 표류

력의 영향을 받는다.

우리나라의 경우, 해상의 기상에 따라 발효 되는 해상기상 특보는 풍랑, 폭풍해일, 지진해일 그리고 태풍에 대하여 발표하고 있다. 특보 기준은 다시 주의보와 경보로 나뉘지며 그에 대한 세부적인 기준은 Table. 1과 같다. 이 중에서 폭풍해일 특보의 경우는 지역의 특성에 따라 그 기준 값을 다르게 설정하고 있다.

Table. 1 Standard of Special Announce on National Weather Service

종류	주의보	경보		
풍랑	해상에서 풍속 14m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의파고가 3m를 초과할 것으로 예상될 때	해상에서 풍속 21m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의파고가 5m를 초과할 것으로 예상될 때		
폭풍해일	천문조, 태풍, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 발효기준값 이상이 예상될 때. 다만, 발효기준값은 지역별로 별도 지정	천문조, 태풍, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 발효기준값 이상이 예상될 때. 다만, 발효기준값은 지역별로 별도 지정		
지진해일	한반도 주변해역(21°N~45°N, 110°E~145°E) 등에서 규모 7.0 이상의 해저지진이 발생하여 우리나라 해안가에 해일파고 0.5~1.0m 미만의 지진해일 내습이 예상될 때	한반도 주변해역(21°N~45°N, 110°E~145°E) 등에서 규모 7.5 이상의 해저지진이 발생하여 우리나라 해안가에 파고 1.0m 이상의 지진해일 내습이 예상될 때		
태풍	태풍으로 인하여 강풍, 풍랑, 호우 현상 등이 주의보 기준에 도달할 것으로 예상될 때	태풍으로 인하여 풍속이 17m/s 이상 또는 강우량이 100mm 이상 예상될 때. 다만 예상되는 바람과 비의 정도에 따라 아래와 같이 세분한다.		
		3급	2급	1급
		풍속 (m/s)	17-24	25-32
강수량 (mm)	100-249	250-399	400 이상	

풍랑주의보는 해상에서 풍속 14 m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의파고가 3 m를 초과할 것으로 예상될 때 발효된다. 그리고 풍랑경보는 해상에서 풍속 21 m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의파고가 5m를 초과할 것으로 예상될 때 발효된다.

유의파(有義波, significant wave)란 계속 관측되어진 N개의 파 중에서 파고가 높은 순서로부터 N/3개 파들을 말한다. 유의파들 파고의 평균을 유의파고(有義波高, significant wave height), 주기의 평균을 유의파주기(有義波週期, significant wave period)라고 한다. 유의파를 1/3 최대파라고도 한다. 유의파와 마찬가지로 파고가 높은 순서로부터 1/10, 1/100, 1/1,000의 파를 평균하여 얻어지는 1/10 최대파, 1/100 최대파, 1/1,000 최대파 등도 정의되고, 이론적으로 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$1/10 \text{ 최대파} \quad H_{1/10} = 1.27 \times H_{1/3}$$

$$1/100 \text{ 최대파} \quad H_{1/100} = 1.61 \times H_{1/3}$$

$$1/1,000 \text{ 최대파} \quad H_{1/1,000} = 1.93 \times H_{1/3}$$

이로부터 1,000파에 1파는 유의파고의 2배 가까운 파가 출현할 가능성이 있다는 사실을 알 수 있다. 따라서 풍랑주의보가 발효되는 경우, 3m를 초과할 것으로 예상된다는 것은 정박지에서 10파 중의 1파는 3.81m, 100파 중의 1파는 4.83m, 1,000파 중의 1파는 5.79m의 파가 출현할 가능성이 있다는 의미이다. 풍랑주의보는 풍랑특보의 낮은 단계이므로 풍랑특보가 발효된다는 것은 상기의 파가 정박지에 출현한다는 것으로 해석하여야 한다.

2.2.2 저질

우리나라 연안의 저질의 환경적 특성은 지역에 따라 다소 차이는 있으며 연안의 특징은 동해안은 모래해안으로, 서해안은 갯벌과 리아스식 해안, 남해안은 리아스식 해안, 선박 정박 안전성 평가에 해저저질은 선박이 갖는 파주력과 관련 있다.

해저 저질은 정박선박이 파주력을 갖기에 양호한 Mud와 Sand, 그리고 파주력이 불량한 Gravel과 Rock으로 구분하여 분석하였다.

선박이 갖는 파주력은 선박 의장수에 따라 앵커와 앵커체인 중량이 달라지고 앵커의 종류에 따라 저질별로 파주계수가 또한 다르다. 때문에 항만을 입출항하는 선박들의 통계를 통하여 대표선박을 선정하고, 그 선박이 갖는 의장수에 따라 앵커와 앵커체인을 결정한다.

선박에 비치되는 앵커는 재래형 앵커(ASS형)과 고파주력 앵커(AC14형)로 구분되어지고 저질별 파주계수는 아래 Table.2와 같다.

고파주력 앵커는 재래형 앵커에 비해 같은 중량에서 2~2.5배의 파주력을 갖는 것으로 알려져 있으며, 앵커의 파주계수가 상대적으로 열악하고, 현재 재래식 선박이나 대형선의 경우 여전히 재래형 앵커를 많이 사용하므로 파주력에 대한 기본 계산은 ASS형 앵커의 파주계수를 이용하였다.

2.2.3 수심

바람, 파랑, 조류 등에 의한 정박선박의 동요정도를 고려해야 하며, 선박의 크기에 따라 흘수가 변하지만 통상적으로 선박의 만재흘수에 여유수심을 확보한 수심으로 보통의 경우 15~50m 내외의 수역이 정박지에 적합한 수심으로 본다.

선박의 정박 안전성 계산을 위하여 수심은 30m를 기준으로 하였다.

2.3 외력요소

선박이 묘박지에 정박하고 있는 상태에서 선박에 영향을 미치는 외적인 요소로는 바람에 의해 선박의 수면상 면적이 받는 풍압력(FW : Wind Force)과 조류에 의해 선박의 수면하 면적이 받는 조류력(FC : Tidal Current Force) 및 바람과 동반되는 파랑에 의한 표류력(FD : Drifting Force)이 선박이 받는 외력의 요소이다.

2.3.1 풍압력

바람에 의한 풍압력(FW ; Force by wind)은 식(1)에 의해 산출하였다.

$$FW = \frac{1}{2} \times C_a \times \rho_a \times V^2 (A \cos^2 \alpha + B \sin^2 \alpha) \text{ -----(1)}$$

여기서, FW : 바람에 의한 풍압력(kg · f),

ρ_a : 공기밀도(kg · sec²/m⁴),

C_a : 풍압계수,

V : 풍속(m/s),

A : 정면 풍압면적,

B : 측면풍압면적,

α : 수풍각

여기서 C_a 의 값은 1.5를 취하고 α 는 45°를 취하면 충분히 큰 값으로 되고, 이 FW 값에 대한 Chain cable의 장력을 고려하여 안전도를 생각하면 실용상 충분하리라 판단된다.¹⁾

2.3.2 표류력

파랑에 의해 발생하는 표류력은 규칙성분과 불규칙 성분으로 나눌 수 있으며, Hirano(1995)에 의하면 규칙성분인 정상 표류력은 상대파향과 파장/선장비 (λ/L)로 결정되는 표류계수와 파 진폭을 변수로 하는 식(2)로 산출하였다.

$$F_D = \frac{1}{2} \times \rho_w \times C_w \times g \times L \times h_c^2 \quad (11)$$

여기서, ρ_w : 해수밀도 (kg · sec²/m⁴),

C_w : 표류계수,

1) 윤점동, 「선박조종의 이론과 실무 2013 개정판」, 세종출판사, 2013. p.239.

g : 중력가속도,

L : 선체길이,

H_c : 파 진폭

Remery 연구에 의하면 불규칙파 중의 평균 표류력은 유의파의 진폭과 평균 파의 주기에 대응하는 규칙파가 갖는 표류력의 약 1/8 정도인 것으로 알려져 있다.

2.3.3 조류력

조류에 의한 유압력은 마찰저항과 압력저항으로 구분할 수 있다. 그러나 정박지의 수심과 흘수 비가 상당히 크고, 조류의 입사각이 작을 경우 선수방향에 가까운 유체의 흐름에 대한 저항은 대부분 마찰저항에 해당하므로 식(3)에 의해 산출하였다.

$$F_c = \rho_w \times \lambda \times S \times V_w^{1.825} \text{-----}(3)$$

여기서, $\lambda = 0.1392 + \frac{0.258}{2.68 + L}$ 단, 깨끗한 외판으로 가정

F_c : 조류력 ($kg \cdot f$),

ρ_w : 해수밀도 ($kg \cdot sec^2/m^4$),

λ : 마찰계수,

L : 선체길이(m),

S : 수면하면적(m^2),

V_w : 유속(m/s)

2.4 대항력요소

선박이 받는 외력에 대항하는 힘을 총칭하여 대항력(Responding Force)라 정

의하고 여기에는 앵커(Anchor)와 앵커체인(Anchor Chain)에 의한 파주력(Holding Power)과 엔진사용에 의한 추진력(Thrust Force)으로 분류할 수 있다.

파주력의 크기는 선박 의장수(Equipment Number)에 의해 결정된 앵커와 앵커체인의 규격으로 산출할 수 있으며 선박 의장수는 선박의 길이, 폭, 흘수, 배수량 및 풍압면적 등으로 결정되고 해저 저질의 상태에 따라 파주력 값이 결정된다. 선박이 정박시 받는 외력에 대응하는 힘은 선박의 파주력(FH)과 기관에 의한 추진력(FT)를 합한 힘으로 정의할 수 있다.

2.4.1 파주력

선박이 외력에 대항하여 갖는 파주력에 관련하여 선박의 앵커와 앵커체인의 의장수가 선박크기에 따라 규정되어 있다. 이 중 선박에서 사용하는 앵커는 일반적으로 크게 두 종류로 구분하는데 재래형 앵커(ASS ; Admiralty standard stockless anchor)와 고파주력 앵커(AC14 ; Admiralty cast type No. 14) 두 종류가 일반적으로 사용되고 있다. 고파주력 앵커는 무게에 비하여 재래형 앵커보다 2배 이상의 파주력을 갖는 것으로 알려졌다.

정박지 내 선박 투묘 장소에 따라 저질의 종류나 저질의 점성이나 성분이 다르기 때문에 파주계수가 달리 나오는 것은 불가피한 현상이나 저질별 앵커와 앵커체인의 평균적인 파주계수를 추산하여 적용하였다.²⁾

본 논문에서는 파주력을 계산할 때 재래식 선박이나 대형선의 경우 주로 ASS형 앵커를 많이 사용하므로 한계풍속 산정을 위한 기본 계산은 ASS형 앵커의 파주계수를 이용하고, 고파주력 앵커를 사용하는 선박의 경우 ASS형 선박의 파주력 계산 결과에 2배의 수치를 적용하여 판단한다.

2) 윤점동, 「선박조종의 이론과 실무 2013 개정판」, 세종출판사, 2013. p.4.

Table. 2 Coefficient of Anchor and Chain

seabed coeff.	mud	sand	gravel	flat rock	dragging
ASS type λ_a	4	3.5	3	2	1.5
AC14type λ_a	10	8	8	2.5	2
Chain λ_c	1	1	0.8	0.8	0.5

파주력의 크기는 선박 의장수(Equipment Number)에 의해 결정된 앵커와 앵커체인 규격으로 산출할 수 있으며 선박 의장수는 선박의 길이, 폭, 흘수, 배수량 및 풍압면적 등으로 결정되고 해저 저질의 상태에 따라 파주력 값이 결정된다. 선박이 정박시 받는 외력에 대응하는 힘은 선박의 파주력(FH)와 기관에 의한 추진력(FT)를 합한 힘으로 다음과 같이 정의할 수 있다.

정박 중인 선박이 받는 외력에 대항하는 힘은 파주력과 추진력이 있으나 본 연구에서는 정박 중 선박으로 엔진을 사용하지 않은 것으로 가정하여 파주력에 대해서만 언급한다.

$$P_{HP} = P_a + P_c = w_a \times \lambda_a + w_c \times \lambda_c \times l \quad (4)$$

여기서, P_a : 앵커의 파주력,

P_c : 앵커체인의 파주력,

w_a : 앵커의 수중무게,

λ_a : 앵커의 파주계수,

w_c : 앵커체인 수중 무게,

λ_c : 앵커체인 수중 무게,

l : 파주부의 길이

파주부를 산출하기 위해선 앵커체인의 신출량에서 현수부를 뺀 값을 사용하며, 현수부 길이(S)는 외력이 선체에 미치는 장력을 기초로 하여 식(5)에 의해

구할 수 있다.

$$S = \sqrt{h(h + \frac{2H}{w_c})} \text{ -----(5)}$$

여기서, h : 묘채공에서 해저까지의 높이,

w_c : 앵커체인 수중 무게,

H : 외력에 의해 체인에 작용하는 힘

2.4.2 추진력

추진력은 선속에 따른 추력계수 및 프로펠러 회전수를 이용하여 계산이 가능하다. 일반적으로 프로펠러 단독시험을 통해 얻어진 추력계수를 사용하며, 추진력은 다음 식에 의해 계산된다.

$$T = \rho_w \times K_t \times n^2 \times D^4 \text{ -----(6)}$$

여기서, K_t : 추력계수(프로펠러 단독시험 곡선 이용)

ρ_w : 해수밀도 ($kg \cdot sec^2/m^4$),

n : 프로펠러 회전수

D : 프로펠러직경

식(6)에 의해 계산된 추진력은 프로펠러 단독추진력인데, 실제 선박에 장착된 프로펠러의 추진력은 이보다 적고 다음 식에 의해 계산할 수 있다.

$$F_t = (1 - (\frac{1}{2} C_b - 0.15)) \times T$$

여기서, C_b : 선체의 방형비척계수

본 논문에서는 선박의 파주력으로 한계치에 도달하게 되면 안전조치를 위하여 엔진을 사용하여 파주력을 보강하는 형태가 되므로 추진력을 한계외력을 도출하는데 계산적용을 하지 않았다.

2.5 정박지 운영관련 법규

2.5.1 국제해상충돌예방규칙(COLREG)

1912년 4월 15일 여객선 타이타닉호의 침몰사고에 따라 1913년 대서양연안의 국가들이 해상인명안전회의를 개최하여 SOLAS 협약을 채택하였고, 동 협약 제3장(항해의 안전)에 선박충돌방지규칙에 관한 사항을 정하고, 각국이 국내법으로 수용할 것을 약속하였으나 제1차 세계대전의 발발로 실현되지 못하였다. 1948년 런던에서 다시 국제해상인명안전회의가 개최되어 1948년 국제해상인명안전협약(SOLAS 협약) 및 국제해상충돌예방규칙(COLREG)이 채택되었다. 1972년 IMO는 COLREG를 SOLAS 협약에서 분리시켜 국제협약으로 시행하고 있는 바, 원명은 “Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972”이다.³⁾

이 협약은 1972년 10월 20일에 채택되어 1977년 7월 15일에 발효되었고, 선박충돌방지를 위한 국제적 통일규칙의 제정을 목적으로 하고 있다. 즉, 이 협약은 해상에서의 충돌방지를 위한 국제적으로 통일된 규칙인바, 협약 본문과 4개의 부속서로 구성되어 있다. 본문은 제1장 총칙(제1~3조): 적용범위, 책임범위, 일반정의, 제2장(제4조~19조): 모든 시계 내에서의 선박의 운항, 상호 시계 내에서의 선박의 운항, 제한된 시계 내에서의 선박의 운항, 제3장(제20조~31조): 등화 및 형상물, 제4장(제32조~37조): 음향 및 발광신호, 제5장(제38조): 경과규정으로 구성되어 있다.

부속서는 부속서Ⅰ: 등화 및 형상물의 배치와 기술상의 명세, 부속서Ⅱ: 근접하여 어로작업을 하고 있는 어선의 부가신호, 일반원칙, 트롤어선의 부가신호, 건착어선의 부가신호, 부속서Ⅲ: 음향신호장치의 기술적인 명세, 부속서Ⅳ: 조난신호 등으로 구성되어 있다.

관련 국내법으로는 해사안전법, 개항질서법, 수상레저안전법, 유선 및 도선사

3) 이윤철, 「해상교통법」, 다솜출판사, 2013. p.11.

업법, 선박안전법 등에 동 협약의 내용들이 포함되어 있으며, 적용대상으로는 원양 항행선이 항행할 수 있는 해양과 이에 접속한 모든 수역의 수상에 있는 모든 선박에 적용된다.

2.5.2 해사안전법

1961년 12월 30일 공포된 해상충돌예방법에 의하여 COLREG를 국내법으로 수용하였다. 그 후 헌법 제6조 제1항의 규정 “헌법에 의하여 체결·공포된 조약과 일반적으로 승인된 국제법규는 국내법과 같은 효력을 가진다”에 따라 해상충돌예방법은 1973년에 폐지되었다. 1977년 7월부터 효력이 발생한 1972년 COLREG를 1977년 9월 3일 조약 제602호로 공포하여 국내에서 그대로 사용하다가 1986년 12월 31일 해상교통안전법에 다시 포함하여 운용하게 되었다.⁴⁾

한편, IMO의 회원국 감사제도(MAS: Member-state Audit Scheme)에서 요구하고 있는 해사안전정책의 수립·시행·평가 및 환류체계를 확립함으로써 해사안전정책의 실효성을 높이고, 유엔해양법협약(UNCLOS) 등에서 연안국의 권한으로 규정하고 있는 영해 밖 해양시설의 안전관리에 관한 사항 및 난파물 처리에 관한 사항 등을 수용하는 한편, 그밖에 현행 제도의 운영상 나타난 미비점을 개선·보완하기 위해서 기존의 해상교통안전법을 해사안전법으로 전면 개편하여 2011년 12월 16일부터 시행하게 되었다. 해사안전법은 제1장: 총칙, 제2장: 해상안전관리계획, 제3장: 수역안전관리, 제4장: 해상교통안전관리, 제5장: 선박 및 사업장의 안전관리, 제6장: 선박의 항법 등, 제7장: 벌칙으로 구성되어 있다.

항계 밖에서의 선박의 충돌을 방지하기 위한 COLREG는 이 법 제6장: 선박의 항법 등에서 규정하고 있다. 한편, 항계 밖 선박교통이 밀집된 교통안전특정해역에서의 선박충돌방지 등 선박교통의 안전을 도모하기 위한 선박교통관제의 시행은 이 법 제4장(해상교통안전관리) 제36조에서 다음과 같이 규정하고 있다.

4) 이윤철, 「해상교통법」, 다솜출판사, 2013. p.11.

제36조(선박교통관제의 시행 등) ① 해양수산부장관은 선박교통의 안전을 도모하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 선박교통관제를 시행할 수 있다. ② 선박교통관제를 시행하는 구역(이하 이 조에서 "관제구역"이라 한다)에 정박하거나 통항하는 선박은 관제사와의 상호 호출응답용 관제통신을 항상 청취하여야 한다. ③ 관제구역별 관제통신의 제원(諸元) 등 관제에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.
<개정 2013.3.23.>

또한 이 법 제38조는 기상악화 시 선박의 안전을 위해 선박의 출항을 통제할 수 있도록 규정하고 있는바, 대체로 지방해양항만청장에게 소형선박의 출항을 통제할 수 있도록 하고 있다.

제38조(선박 출항통제) ① 해양수산부장관은 해상에 대하여 기상특보가 발표되거나 제한된 시계 등으로 선박의 안전운항에 지장을 줄 우려가 있다고 판단할 경우에는 선박소유자나 선장에게 선박의 출항통제를 명할 수 있다. ② 제1항에 따른 출항통제의 기준·방법 및 절차 등에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

2.5.3 개항질서법

개항질서법은 개항의 항계 안에서 선박교통의 안전 및 질서를 유지함을 목적으로 하며, 해상안전법 및 COLREG에 대하여 특별법적인 성격의 법적 지위를 가진다. 개항질서법은 해사안전법에 대하여 특별법적 성격을 가짐으로 개항질서법과 해사안전법이 서로 충돌하는 내용이 있으면 개항질서법이 우선 적용되고 개항질서법에 규정되어 있지 않은 내용은 해사안전법의 규정이 보충적으로 적용된다. 따라서 개항 및 지정항의 항계 안에서 선박의 충돌방지를 위하여 지켜야 할 항법, 신호 기타 운항에 관한 사항은 개항질서법에 규정이 있는 때에는 그 규정에 따라야 한다.⁵⁾ 개항의 항계 밖이나 불개항장에서는 개항질서법이 적용되지 않고 해사안전법이나 COLREG가 적용된다.

5) 이윤철, 「해상교통법」, 다솜출판사, 2013. p.11.

개항질서법은 제1장: 총칙, 제2장: 입출항과 정박, 제3장: 항로와 항법, 제4장: 위험물, 제5장: 수로의 보전, 제6장: 선등과 신호, 제7장: 보칙, 제8장: 벌칙으로 구성되어 있다.

항계 안에서 선박이 정박할 수 있는 정박지 및 동 선박의 정박에 관한 의무에 관한 사항은 이 법 제6조(정박지 등)에서 규정하고 있다.

제6조(정박지 등) ① 개항의 항계 안 등에 정박하는 선박(우선피항선은 제외한다)은 선박의 종류·톤수·흘수(吃水) 또는 적재물의 종류에 따라 해양수산부장관이 지정·고시한 정박구역 또는 정박지에 정박하여야 한다. 다만, 해양사고를 피하기 위한 경우나 그 밖의 부득이한 사유가 있는 경우에는 그러하지 아니하다. ② 우선피항선은 다른 선박의 항행(航行)에 방해가 될 우려가 있는 장소에 정박하거나 정류하여서는 아니 된다. ③ 제1항 단서에 따라 정박구역 또는 정박지가 아닌 곳에 정박한 선박의 선장은 즉시 그 사실을 해양수산부장관에게 신고하여야 한다. 제6조(정박지 등) ① 개항의 항계 안 등에 정박하는 선박(우선피항선은 제외한다)은 선박의 종류·톤수·흘수(吃水) 또는 적재물의 종류에 따라 해양수산부장관이 지정·고시한 정박구역 또는 정박지에 정박하여야 한다. 다만, 해양사고를 피하기 위한 경우나 그 밖의 부득이한 사유가 있는 경우에는 그러하지 아니하다. ② 우선피항선은 다른 선박의 항행(航行)에 방해가 될 우려가 있는 장소에 정박하거나 정류하여서는 아니 된다. ③ 제1항 단서에 따라 정박구역 또는 정박지가 아닌 곳에 정박한 선박의 선장은 즉시 그 사실을 해양수산부장관에게 신고하여야 한다.

또한 기상악화 시 항계 안의 정박지에 정박하고 있는 선박의 이동에 관한 명령에 관한 사항은 이 법 제9조(이동명령) 및 제10조(정박의 제한 및 방법 등)에서 규정하고 있다.

이 법 제28조(해상교통관제)는 개항의 항계 안 등에 입출항하거나 또는 항계 안에서 이동하는 선박은 해상교통관제에 따라야 함을 규정하고 있다.

제28조(해상교통관제 등) ① 선박이 개항의 항계 안 등에 출입하거나 개항의 항계 안 등에서 이동할 때에는 해양수산부령으로 정하는 해상교통관제(海上交通管制)에 따라야 한다. ② 제2조 제2호 라목부터 사목까지에 해당하는 선박, 제33조제1항에 따라 공사 등의 허가를 받은 선박과 제34조제1항에 따라 선박경기 등의 행사의 허가를 받은 선박은 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 무선설비를 설치하여야 한다.

개항질서법 제9조 1항에서는 개항을 효율적으로 운영하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 개항의 항계안 등에 있는 선박에 대하여 항계 안이나 항계 밖의 다른 장소로 이동할 것을 명할 수 있다.

2.5.4 항만법

이 법은 항만의 지정·개발·관리·사용 및 재개발에 관한 사항을 정함으로써 항만과 그 주변지역 개발을 촉진하고 효율적으로 관리·운영하여 국민경제 발전에 이바지함을 목적으로 한다. 이 법에 근거하여 10년 단위의 항만기본계획이 수립되며, 동 계획의 내용은 항만의 지정 및 변경에 관한 사항, 항만의 관리·운영 계획에 관한 사항, 항만시설의 장래 수요에 관한 사항, 항만시설의 공급에 관한 사항, 항만시설의 규모와 개발 시기에 관한 사항, 항만시설의 기능개선 및 정비에 관한 사항, 항만의 연계수송망 구축에 관한 사항, 항만시설설치예정지역(항만구역 밖에 위치하는 것을 포함한다)에 관한 사항, 그 밖에 해양수산부장관이 필요하다고 인정하는 사항 등이다.

2.5.5 도선법

이 법은 도선사면허(導船士免許)와 도선구(導船區)에서의 도선에 관한 사항을 규정함으로써 도선구에서 선박 운항의 안·전을 도모하고 항만을 효율적으로 운영하는 데에 이바지함을 목적으로 한다. 이 법 제17조(도선구)는 도선구의 명칭과 구역은 해양수산부령으로 정하도록 규정하고 있다.

제 3 장 정박지 안전시스템 분석

3.1 정박지 형태

3.1.1 정박지 형태 구분

우리나라에서 정박지를 지정하는 방식으로는 1척의 선박이 원형정박지 내에 정박하는 형태로 정박선박간의 간섭현상이 없는 방식으로 우리나라에서는 목포항, 인천항 입구에 사용되는 형식 있고, 일정한 수역을 지정하여 선박들이 자유롭게 정박하여 안전확보를 할 수 있도록 하는 집단정박지 지정형태가 있는데 이 지정방식은 통항선박이 많은 항만의 경우 사용되고 있으며 우리나라의 경우는 울산항이 대표적인 사례이다.

여수, 광양항 입구의 경우 집단정박지와 원형정박지 혼합방식으로 지정하여 운영되고 있다.

3.1.2 정박지 현황

국내 무역항의 인근 수역에 지정된 정박지는 동해지방해양항만청의 경우 관할 구역에는 최북단부터 속초항, 옥계항, 동해·묵호항, 삼척항, 그리고 최근 개항한 호산항을 관할하고 있다.

속초항 전면 해상에 위치한 정박지는 다음 Table 3과 같으며, 원형정박지 2개소 및 검역정박지 1개소로 지정고시 되어 운영되고 있으며, 동해안의 지형적인 특성상 외해 개방형 정박지로 구분할 수 있다.

Table. 3 Anchorage on Soncho Port

정박지번호	코 드	위 치(WGS-84 좌표)	반경(M)	정박능력(G/T)
S - 1	WAA-01	N 38-12-10, E 128-36-28	-	5천톤 이상
S - 2	WAA-02	N 38-12-02, E 128-36-36	-	5천톤 미만
QS	WAQ-01	N 38-11-36, E 128-37-50	500	-

옥계항 전면 해상에 위치한 정박지는 다음 Table 4.와 같으며 속초항과 마찬가지로 원형정박지 2개소와 검역정박지 1개소로 지정고시 되어 운영되고 있으며, 동해안의 지형적인 특성상 외해 개방형 정박지로 구분할 수 있다.

Table. 4 Anchorage on Okgye Port

정박지번호	코 드	위 치(WGS-84 좌표)	반경(M)	정박능력(G/T)
S - 1	WAA-01	N 37-37-40, E 129-04-16	500	1만톤 미만
S - 2	WAA-02	N 37-37-52, E 129-04-58	500	1만톤 이상
QS	WAQ-01	N 37-37-24, E 129-05-21	500	-

동해 및 묵호항은 Table 5. 6.과 같으며, 동해항 정박지의 경우 1만톤급 이하의 선박이 정박할 수 있는 원형정박지 5개소와 5만톤급 이하선박이 정박할 수 있는 3개소 원형정박지 및 검역정박지 1개소로 운영되고 있으며, 지형적인 특성으로 인해 외해 개방형 정박지로 구분할 수 있다. 묵호항의 경우 5천톤급 선박이 정박할 수 있는 3개소 원형정박지와 1만톤급 선박이 정박할 수 있는 2개소 원형정박지 및 검역정박지 1개소로 운영되고 있으며, 지형적인 특성으로 인해 외해 개방형 정박지로 구분할 수 있다.

Table. 5 Anchorage on Donghae Port

정박지번호	코 드	위 치(WGS-84 좌표)	반경(M)	정박능력(G/T)
A - 1	WAA-01	N 37-29-55, E 129-09-27	280	1만톤이하
A - 2	WAA-02	N 37-30-10, E 129-09-07	280	1만톤이하
A - 3	WAA-03	N 37-30-31, E 129-08-58	280	1만톤이하
A - 4	WAA-04	N 37-30-30, E 129-08-32	250	1만톤이하
A - 5	WAA-05	N 37-30-55, E 129-08-26	250	1만톤이하
B - 1	WAB-01	N 37-30-34, E 129-09-31	400	5만톤이하
B - 2	WAB-02	N 37-30-56, E 129-09-54	400	5만톤이하
B - 3	WAB-03	N 37-30-56, E 129-09-04	400	5만톤이하
Q S	WAQ-01	N 37-30-10, E 129-09-51	500	-

Table. 6 Anchorage on Mukho Port

정박지번호	코 드	위 치(WGS-84 좌표)	반경(M)	정박능력(G/T)
A - 1	WAA-01	N 37-32-34, E 129-07-42	200	5천톤 이하
A - 2	WAA-02	N 37-32-55, E 129-07-42	200	5천톤 이하
A - 3	WAA-03	N 37-33-12, E 129-07-42	200	5천톤 이하
B - 1	WAB-01	N 37-32-43, E 129-08-02	250	1만톤이하
B - 2	WAB-02	N 37-33-03, E 129-08-02	250	1만톤이하
Q S	WAQ-01	N 37-32-15, E 129-07-55	500	-

삼척항 및 호산항은 Table 7, 8과 같으며 삼척항의 경우 5천톤급 미만 선박을 위한 원형정박지 1개소 및 5천톤급 이상선박을 위한 원형정박지 1개소 및 검역정박지 1개소로 운영되고 있으며, 호산항의 경우 원형정박지 2개소로 운영하고 있으며, 앞서 언급한 항만들과 마찬가지로 지형적인 특성으로 인해 외해 개방형 정박지로 구분할 수 있다.

Table. 7 Anchorage on Samchuk Port

정박지번호	코 드	위 치(WGS-84 좌표)	반경(M)	정박능력(G/T)
S - 1	WAS-01	N 37-26-09, E 129-11-50	100	5천톤 미만
S - 2	WAS-02	N 37-26-14, E 129-12-06	150	5천톤 이상
QS	WAQ-01	N 37-25-55, E 129-12-01	250	-

Table. 8 Anchorage on Hosan Port

정박지번호	코 드	위 치(WGS-84 좌표)	반경(M)	정박능력(G/T)
제1정박지	WAH-01	N 37-09-34, E 129-22-59	600	127,000DWT 선박이하
제2정박지	WAH-02	N 37-12-12, E 129-22-06	650	180,000DWT 선박이하

포항지방해양항만청 관할의 포항항은 선박이 통항하는 물동량이 많고, 동해 지방해양항만청에 위치한 항만보다 정박수역이 크고 지형적으로도 구룡반도로 인하여 외부로부터 오는 스웰은 일정부분 감쇄되는 효과가 있으나 영일만 신항 전면 해상에 위치한 정박지의 경우 외해 개방형 정박지의 조건을 갖추게 된다.

Table 9.는 현재 포항지방해양항만청에서 지정 고시되어 운영되고 있는 정박지이다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 구룡 반도로 인해 북 또는 북동쪽에서 오는 스웰이 발생할 경우 정박지의 정온도는 현격하게 떨어지는 것으로 판단되며, 영일만 내부에 위치한 정박지도 저질에 따라 선박 크기별 외력에 대한 대항력의 차이가 있으므로 선박들은 안전사고에 주의를 해야 하는 정박지이다.

특히, 영일만항 전면해상에 위치한 S5 정박지의 경우 2012년 발생한 화물선 글로벌 레거시호 사고와 2013년 발생한 화물선 첩루15호 침몰사고가 발생한 수역으로 외해 개방형 정박지에서 발생한 사고로 판단된다.

Table. 9 Anchorage on Pohang Port

정박지명	위 치	비고
S1	1. N36-01-15.0, E129-26-03.0	
	2. N36-01-21.0, E129-27-44.0	
	3. N36-01-11.0, E129-28-03.0	
	4. N36-00-24.0, E129-27-00.0	
	5. N36-00-24.0, E129-26-03.0	
	지점을 순차적으로 연결한 선 안의 해면	
S2	1. N36-02-49.2, E129-27-41.0	
	2. N36-02-10.8, E129-26-39.0	
	3. N36-02-10.8, E129-26-00.0	
	4. N36-02-42.0, E129-24-21.0	
	5. N36-03-36.0, E129-25-54.0	
	지점을 순차적으로 연결한 선 안의 해면	
S3	1. N36-03-00.0, E129-23-24.0	
	2. N36-04-36.0, E129-26-15.6	
	3. N36-04-22.0, E129-26-48.0	
	4. N36-03-36.0, E129-25-54.0	
	5. N36-02-30.0, E129-24-00.0	
	지점을 순차적으로 연결한 선 안의 해면	
S4	1. N36-03-36.0, E129-25-54.0	
	2. N36-04-22.0, E129-26-48.0	
	3. N36-04-22.0, E129-29-12.0	
	4. N36-03-45.0, E129-29-12.0	
	5. N36-02-49.2, E129-27-41.0	
	지점을 순차적으로 연결한 선 안의 해면	
S5	1. N36-07-15.7, E129-28-36.3	
	2. N36-07-15.7, E129-29-44.7	
	3. N36-05-24.0, E129-29-44.7	
	4. N36-05-24.0, E129-28-36.3	
	지점을 순차적으로 연결한 선 안의 해면	

우리나라 남동해안에 위치한 울산항의 경우 위험화물 운송하는 선박의 통항량이 많은 항만이고, 울산항 입구에 위치한 집단정박지 및 항로와 접하여 위치한 E집단 정박지가 위치해 있다.

Table. 10은 울산항 집단 정박지의 지점별좌표이고 Table. 11은 지점별좌표의 연결하는 정박지를 표시한 부분이고, Table. 12는 울산항 E 집단 정박지의 위치를 표시한 표이다. 집단 정박지는 남쪽으로 개방된 형태의 지형적인 특성으로 인해 남쪽에서 오는 스웰의 경우 취약한 부분이 있으며, 특히 E 정박지는 외해에 직접 접해 있는 정박지로 외력에 취약한 정박지로 구분할 수 있다.

Table. 10 Group Anchorage Area Position on Ulsan Port

지점별 좌표													
지점	위 치						지점	위 치					
A	35°	30′	0.8″	129°	23′	39.0″	K	35°	29′	3.3″	129°	24′	9.5″
B	35°	29′	44.1″	129°	23′	41.2″	L	35°	29′	12.8″	129°	24′	9.4″
C	35°	29′	33.7″	129°	23′	42.5″	M	35°	29′	17.0″	129°	24′	12.0″
D	35°	29′	30.7″	129°	23′	43.0″	N	35°	29′	30.7″	129°	24′	20.6″
E	35°	29′	17.0″	129°	23′	45.3″	O	35°	29′	35.4″	129°	24′	23.6″
F	35°	29′	3.3″	129°	23′	47.7″	P	35°	29′	44.1″	129°	24′	16.6″
G	35°	28′	49.6″	129°	23′	50.0″	Q	35°	29′	54.8″	129°	24′	7.9″
H	35°	28′	35.1″	129°	23′	52.5″	R	35°	29′	44.1″	129°	23′	59.6″
I	35°	28′	35.1″	129°	24′	9.5″	S	35°	29′	30.7″	129°	24′	1.3″
J	35°	28′	49.6″	129°	24′	9.5″							

Table. 11 Group Anchorage Area on Ulsan Port

시설명	시설코드	위 치
M 1	WAM-01	상기 A, B, P, Q의 4지점을 연결하는 선내의 해면
M 2	WAM-02	상기 B, C, D, S, R의 5지점을 연결하는 선내의 해면
M 3	WAM-03	상기 N, O, P, R, S의 5지점을 연결하는 선내의 해면
M 4	WAM-04	상기 D, E, M, N의 4지점을 연결하는 선내의 해면
M 5	WAM-05	상기 E, F, K, L, M의 5지점을 연결하는 선내의 해면
M 6	WAM-06	상기 F, G, J, K의 4지점을 연결하는 선내의 해면
M 7	WAM-07	상기 G, H, I, J의 4지점을 연결하는 선내의 해면

Table. 12 E-Group Anchorage on Ulsan Port

명 칭	시설코드	위 치	시설능력(G/T)
E 1	WAE-01	1. N 35°27'59.0", E 129°23'58.7"	1만톤급
		2. N 35°27'59.0", E 129°25'34.7"	
		3. N 35°26'47.0", E 129°26'47.8"	
		4. N 35°26'47.0", E 129°24'26.6"	
E 2	WAE-02	1. N 35°24'47.0", E 129°24'26.6"	3만톤급
		2. N 35°26'47.0", E 129°26'47.8"	
		3. N 35°25'44.0", E 129°27'51.7"	
		4. N 35°25'44.0", E 129°24'51.0"	
E 3	WAE-03	1. N 35°25'44.0", E 129°24'51.0"	15만톤급
		2. N 35°25'44.0", E 129°27'51.7"	
		3. N 35°24'11.0", E 129°27'51.7"	
		4. N 35°24'11.0", E 129°25'27.0"	

3.1.3 외해 개방형 정박지 형태

정박지는 항만에 입출항하는 선박들이 투묘하여 임시로 머무는 곳으로 항만의 지형적인 특성과 정박지의 위치에 따라 외력을 받을 수 있는 형태가 달라지는데 바람의 경우는 그 위치에 상관없이 영향을 받으며, 넓은 수역에 바람을 막기 위한 구조물을 설치하기란 사실상 불가능하고, 강한 유속이 있는 지역은 쌍요박 또는 이요박 등으로 파주력을 강화하는 방안이 있으나 정박지로는 다소 부적합하다. 파랑의 경우 정온도를 향상시키기 위하여 방파제등을 설치하는 것을 고려할 수 있으나, 정박지를 수용할 수 있을 만큼의 광범위하게 방파제를 축조하려면 비용측면에서 문제가 있을 수 있고, 외해 개방형 정박지의 경우처럼 외력을 충분히 막지 못할 경우 외력의 영향으로 인하여 정박선박의 안전성은 현격하게 떨어진다.

Fig.1에서 보는 바와 같이 포항항 정박지의 경우 19개소의 지정 정박지와 3개소의 검역정박지를 운영하고 있었으나 최근 집단정박지 형태로 정박지를 재배치하였고, 항만의 지형적인 특성이 북동쪽으로 열려 있어 북동풍 계열의 바람에 의한 외력은 주묘를 발생시킬 우려가 크게 되어 있고, 스웰을 동반할 경우 정박 선박은 더욱 위험하게 된다. 특히 영일만항 전면해상에 위치한 정박지의 경우 구룡 반도와 육지의 위치가 많은 방향의 스웰을 막아주기는 하나 북동쪽 또는 동쪽의 외해로부터 오는 스웰의 직접적인 영향을 받는 수역이므로 기상 악화 시 주묘발생 위험이 상당히 커지는 동해안의 대표적인 외해개방형 정박지로 기상 악화 시 정박 선박은 정박당직은 물론 비상상황에 신속하게 대비할 수 있도록 해야 하는 정박지이다.



Fig. 1 Open-Sea anchorage Sample - Pohang Port

비슷한 사례로 Fig. 2에서 보는 바와 같이 동해안에 위치한 동해 묵호항, 삼척항의 경우도 포항항에 비하여 항만을 이용하는 선박은 적어 정박선박이 상대적으로 적지만, 항만 방파제 전면해상에 정박지가 위치해 있어 외해로부터 오는 스멜을 직접적으로 받을 수 있는 여건으로 정박선박의 파주력이 외력을 이기지 못하는 기상악화 상황하에서는 주의를 해야 하는 외해 개방형 정박지의 대표적인 사례로 볼 수 있다.

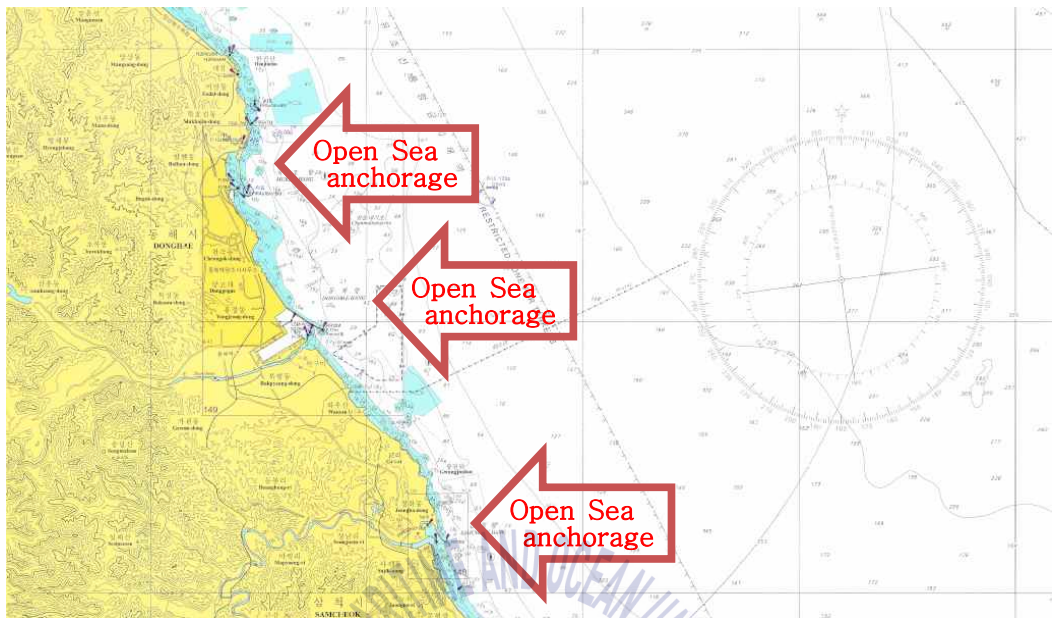


Fig. 2 Open-Sea anchorage Sample - Donghae-Mulho Port

대표적인 항내 정박지(In Harbour Anchorage)의 사례로 인공구조물이나 섬 지형으로 둘러싸여 있는 경우에 해당하는 부산 북항 내에 있는 정박지로 항만 입구에 조도와 방파제로 보호되고 있는 형태로 되어 있어 정온도가 유지될 수 있어 다른 외해 개방형 정박지에 비해 스웰에 의한 외력을 최소한으로 받는 정박지 사례이다.

이러한 정박지의 특징은 정박 중 부두나 방파제와 인접해 있기 때문에 강한 풍속하의 기상조건에서는 위험이 따를 수 있다.

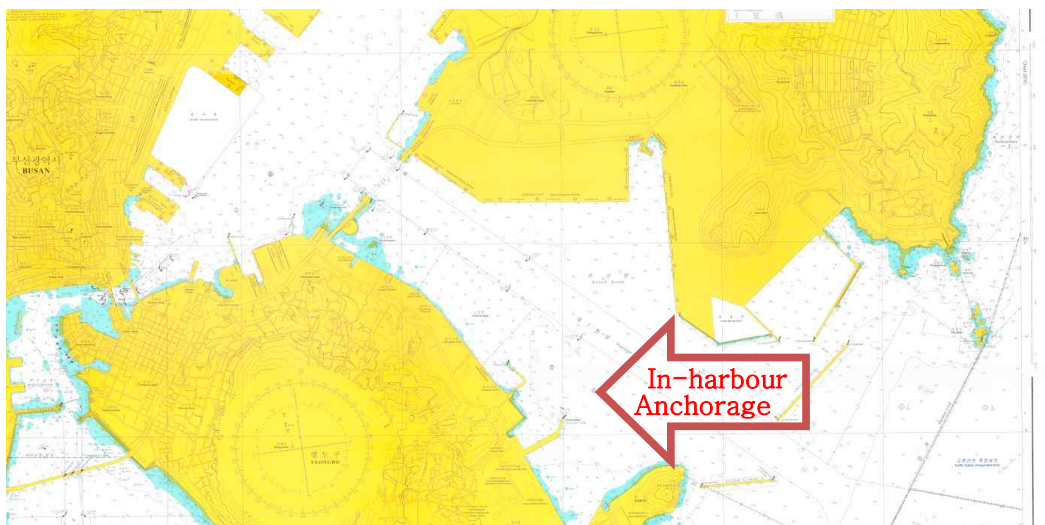


Fig. 3 In-Harbour anchorage Sample – Busan Port

3.2 정박지 위험 요소

3.2.1 기상요건

정박선박에 위협적인 기상요건으로는 2.2에서 언급한 바와 같이 풍랑특보, 폭풍해일, 지진해일, 태풍특보 등으로 나눌 수 있는데, 정박선박의 안전을 위협하는 기상조건 중 풍랑특보는 경보와 주의보로 나누어지는데 지역적인 편차는 있으나 주로 외해 개방형 정박지가 있는 우리나라 동해안의 항만들의 조건으로 보면 동해중부해상과 동해남부 해상의 풍랑특보 발효 일수를 검토해 본 결과 아래 Table. 13 및 Table. 14와 같다.

Table. 13 Storm Newsflash days on Middle-East

동해남부	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
5년평균	8.5	5.6	8.4	5.4	1.6	0.8	1.4	1	5.1	6.2	9.4	11.4
2013	8	2	11	5	0	0	2	1	5	8	9	12

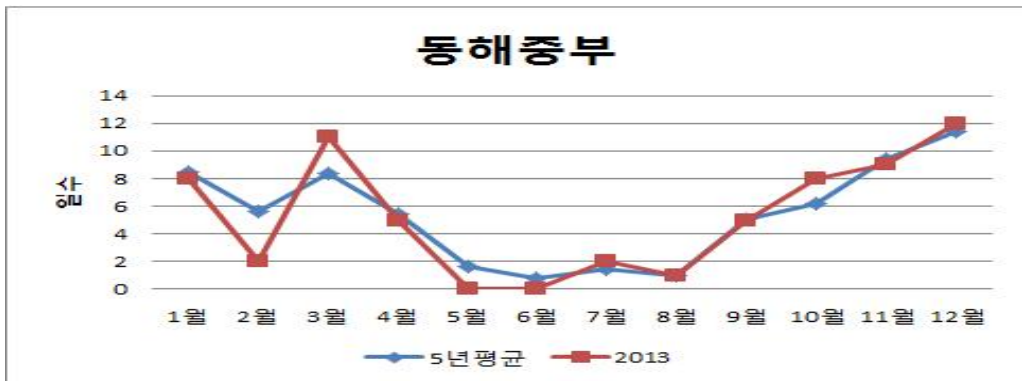


Fig. 4 Storm Newsflash days on Middle-East

Table. 14 Storm Newsflash days on East-South

동해남부	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
5년평균	12.1	7.6	10	10.4	6.6	2.4	3	2.4	7.3	7.8	8.6	12.7
2013	12	4	12	10	2	0	0	1	7	9	9	10

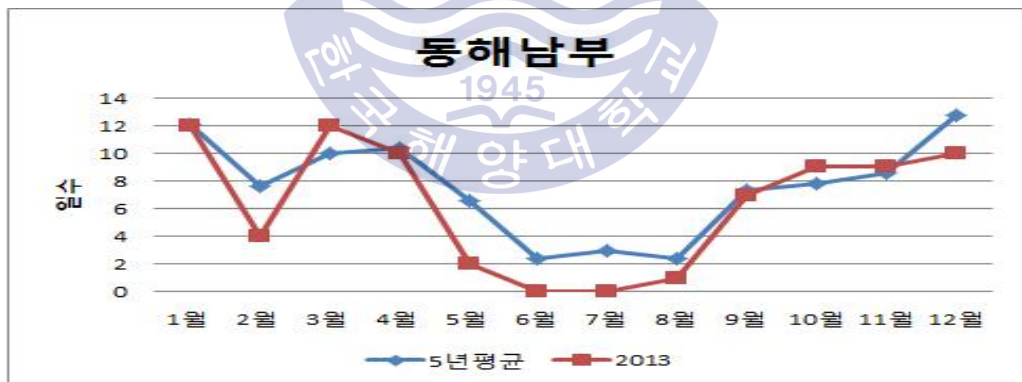


Fig. 5 Storm Newsflash days on East-South

동해중부 앞바다에서 발효되는 풍랑특보는 최근 5년간 연평균 64.8일이고 동해남부 앞바다에서는 90.9일로 조사되었다. 우선 해당지역에 풍랑특보가 발효되면 항만에서 작업이 일시 중지되는 등 체선의 요인이 되는 것으로 조사되었다.

또한 바람과 관련 요인 중 태풍은 가장 강렬하고 파괴적인 것의 하나로 그것

이 통과하면 인근 지역에 많은 피해를 입히는 것으로 우리나라에 영향을 미치는 것으로 1년에 약 2개 정도가 우리나라에 직접적인 영향을 미친다.

Table. 15는 1959년부터 2007년까지 49년간 우리나라 동해안에 영향을 미친 주요 태풍의 최대순간풍속과 풍향을 정리한 것이다. 순간순간의 풍속을 순간풍속이라 하며 어느 기간 내의 기록 중 최대의 순간풍속을 최대순간풍속이라고 한다. 이것은 지형과 바람의 상태 등에 따라 다르지만 대략 최대풍속의 1.5-1.7 배나 된다. 최대순간풍속은 선박의 안전과 항만구조물 및 하역기기 등의 안정성에 큰 영향을 미치는 중요 요소로, 이 표에서는 최대순간풍속 20.0m/s 이상을 분석 대상으로 하였다. 49년 동안에 우리나라에 내습하여 동해안에 최대순간풍속 20.0m/s 이상의 바람을 불게 한 주요 태풍의 수는 약 20개로 2년에 약 1개이다. 최대순간풍속 40.0m/s 이상의 매우 강한 태풍은 없었고, 최대순간풍속이 30.0m/s 이상 - 40.0m/s 미만의 강한 태풍은 5914 SARAH, 6309 BESS, 8712 DINAH, 0314 MAEMI(총 4개)가 있었다.

최대순간풍속이 관측되어지는 주요 풍향은 북동계열(NNE, NE, ENE 포함)과 남계열(SSE, S 포함)로 각각 전체의 67%와 17%를 차지하였고, 그 외의 풍향은 북서풍(NNW) 11%, 북풍(N) 11%로 서로 같은 분포를 보였다.

동해안에 영향을 미치는 태풍의 내습 시기는 8월에 가장 많고 그 다음은 9월과 7월이다. 우리나라 전체로 보았을 때, 한반도에 영향을 미치는 태풍의 내습 시기는 8월 37%, 7월 29%, 9월 26%의 분포를 보이는 것과 비교해보면, 상대적으로 동해안은 7월보다 9월의 내습 빈도가 높다고 보아야 한다. 또한, 동해안은 지리적인 위치관계로 우리나라에 내습하는 태풍의 우측반원(위험반원)에 위치할 확률이 높으므로 상대적으로 더 많은 기상재해로 인한 피해를 입을 가능성이 있다.

동해안에서 관측되어진 태풍 관련 주요 최고기록은 Table. 16과 같다. 최대풍속은 1959년 태풍 SARAH가 내습하였을 때 최대 풍속 31.7m/s였고, 최대순간풍속은 1987년 태풍 DINAH 내습 시에 36.7m/s로 관측되어졌다. Table. 12는 우리나라에 영향을 미친 주요 태풍이다.

Table. 15 Max. Wind Speed of Typhoon given effected at east coastal

(풍속 단위 : m/s)

태풍번호/이름	풍향	최대순간풍속	태풍번호/이름	풍향	최대순간풍속
5914 SARAH	ENE	35.0	8013 ORCHID	ENE	24.0
6015 CARMEN	S	24.0	8712 DINAH	NNW	36.7
6217 AMY	S	23.7	9112 GLADYS	NE	26.6
6309 BESS	NNE	30.1	9117 KINNA	NE	23.9
6617 BETTY	SSE	23.0	9307 ROBYN	ENE	27.9
6807 POLLY	NE	23.7	0314 MAEMI	NE	33.2
6816 DELLA	NE	23.4	0415 MEGI	ENE	29.1
7119 OLIVE	NNE	26.4	0515 NABI	NNW	24.9
7408 GILDA	NE	25.0	0704 MAN-YI	N	21.0
7617 FRAN	N	25.1			

Table. 16 Max. Wind Speed Record of Typhoon

요 소	태풍 번호 및 이름	시 기
최대 풍속 31.7m/s	5914 SARAH	1959. 9. 15-19
최대순간풍속 36.7m/s	8712 DINAH	1987. 8. 30-31

3.2.2 저질요건

해저의 지질 또는 퇴적물 등을 말하며 규정된 약어로 기재되어 있다. 저질은 항만, 묘박지, 피박지 등의 묘박지, 즉 투묘지로 좋고, 나쁜 곳을 표시하는 중요한 것이다.

선박 크기에 따른 의장수에 의한 앵커와 앵커체인이 갖는 파주력이 해저 저질상태에 따라 크기가 달라지므로 정박지 선정은 저질이 투묘지로 좋은 Mud 혹은 Sand 계열에 지정하는 것이 바람직하다.

본 논문에서는 대표적인 외해 개방형 정박지를 갖고 있는 포항항 정박지에 해양사고가 발생한 특정 해역의 저질상태를 조사하여 해도와 비교하여 결과를 검토하였다. 우선 지난 2013년에 발생한 영일만항 전면해상에 위치한 정박지에서 발생한 해양사고를 토대로 해당 수역의 저질을 조사하였다.

조사기간 2014년 1월 21일부터 1월 24일까지 4일 동안 수행하였으며, 선박과 제원은 Fig.6과 Table. 17과 같고, 저질조사 현장조사 사진은 Fig 7, 조사선 탐사항적은 Fig. 8과 같으며 저질의 시료채취 위치 Fig 9와 같이 샘플을 채취하여 조사 하였다.

Table. 17 Survey boat

등록번호	BSR-865921
톤수	29톤
승선인원	최대 12명
선종	기타선(해양조사선)
전장/폭/흘수	19.05/4.77/2.45
최대속력	15 Knots
주기관	500마력 × 2



Fig. 6 Survey boat

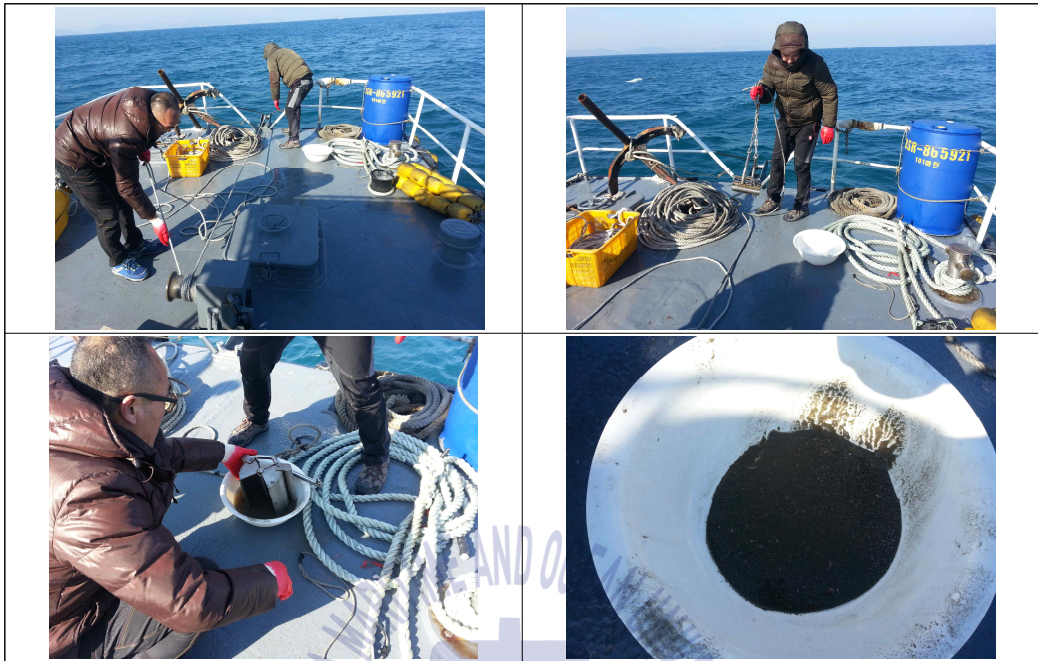


Fig. 7 Seabed sample Acquisition



Fig. 8 Survey boat Trajectory



Fig. 9 Position of Seabed sample Acquisition

시료채취를 한 16개 지점에서 퇴적물 결과는 Table. 18와 같이 조사되었다. 저질채취 16개소 중 저질이 외력에 취약한 정박지로 구분할 수 있는 표면층이 암반으로 확인된 구역은 No.2, No.3, No.4, No.6, No.7, No.9, No.10, No.12, No.14인 것으로 확인되었다.

최근 해양사고가 발생한 지점은 Fig. 9에서 보는 바와 같이 영일만항 전면해상에 위치한 M17, M19 정박지 수역 내이며, 이 정박지 수역내의 저질은 주로 암반으로 이루어져 있는 것으로 조사되었으며, 상기 장소에 선박이 투묘를 한 결과, 기상이 악화된 당시 상황은 북동풍계열의 강한 바람과 스웰의 영향으로 선박의 과주력이 급격하게 떨어져 주묘가 발생하였고, 해당 사고선박은 이에 대한 대처가 늦어져 해양사고로 이어진 것으로 판단된다.

Table. 18 Seabed Survey Result of each Point

	WGS-84		Seabed
	Lat.	Long.	
1	36°07'21.6052"N	129°29'06.1528"E	Sandy Gravel;sG
2	36°07'04.4444"N	129°29'31.6435"E	Gravelly Sand;gS
3	36°06'48.3019"N	129°29'55.3531"E	Gravelly Sand;gS
4	36°06'47.9015"N	129°29'30.9218"E	Rock ; R
5	36°07'04.5440"N	129°29'07.2138"E	Gravel ; G
6	36°07'05.1437"N	129°28'42.7872"E	Rock ; R
7	36°06'44.4927"N	129°29'06.1628"E	Rock ; R
8	36°06'32.6513"N	129°29'20.6228"E	Snad ; S
9	36°06'24.2069"N	129°29'01.0909"E	Gravelly Sand;gS
10	36°06'46.5964"N	129°28'41.7470"E	Rock ; R
11	36°06'47.6912"N	129°28'18.5617"E	Gravel ; G
12	36°06'27.3045"N	129°28'38.8472"E	Gravelly Sand;gS
13	36°06'12.5335"N	129°28'33.8108"E	Sandy Gravel;sG
14	36°06'28.6497"N	129°28'15.6650"E	Rock ; R
15	36°06'29.4936"N	129°27'52.1703"E	Gravel ; G
16	36°06'11.3582"N	129°28'14.0158"E	Sandy Gravel;sG

표면층 퇴적물을 채취한 아래의 16개소 구역 부근에서 해저면 영상탐사 영상, 천부지층 탐사영상, 저질채취 결과를 비교하여 각 구역별로 탐사 결과를 분석하였다.

Fig 10은 탐사장비를 이용하여 탐사선의 항적을 따라 조사된 천부지층 탐사 결과를 2차원 영상으로 분석하였다.

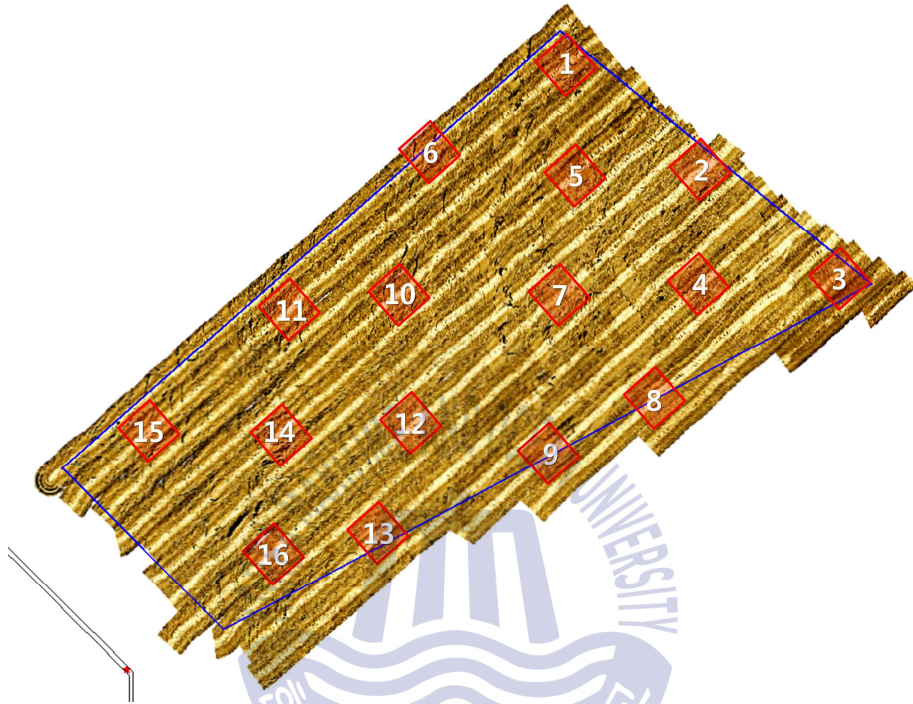


Fig. 10 Survey Result of Shallow strata

포항항 M17, M18, M19 정박지 주변의 실태를 분석하기 위하여 표층 퇴적물 채취에 의한 저질조사, Side Scan Sonar에 의한 해저면 영상탐사, 반사법 해양탄성파탐사에 의한 천부지층탐사를 수행하였다. 입도분석을 수행하여 퇴적물의 종류를 규명하였고, 해저면 영상탐사에 의하여 퇴적물 및 표층의 종류를 분석하였고, 천부지층탐사에 의해 퇴적층의 두께를 추정하였다.

정박지 M17 주변 수심은 15m~25m로 동쪽으로 갈수록 깊어지는 양상을 보였으며, 표층 저질을 채취, 분석 결과 굵기가 작은 자갈이 우세한 모래 자갈(Sandy Gravel ; sG)로 확인되었다. 정박지 M17 주변의 해저면 영상탐사 영상 및 천부지층 탐사 영상을 확인한 결과, 조립질 퇴적물로 추정되는 부분(그림 D, E, F)이 우세하게 나타났고, 표층에서부터 5m 내외의 깊이에 암으로 추정되는

형태(그림 A, B), 표층에 암이 노출된 형태(그림 C)도 확인되었다.

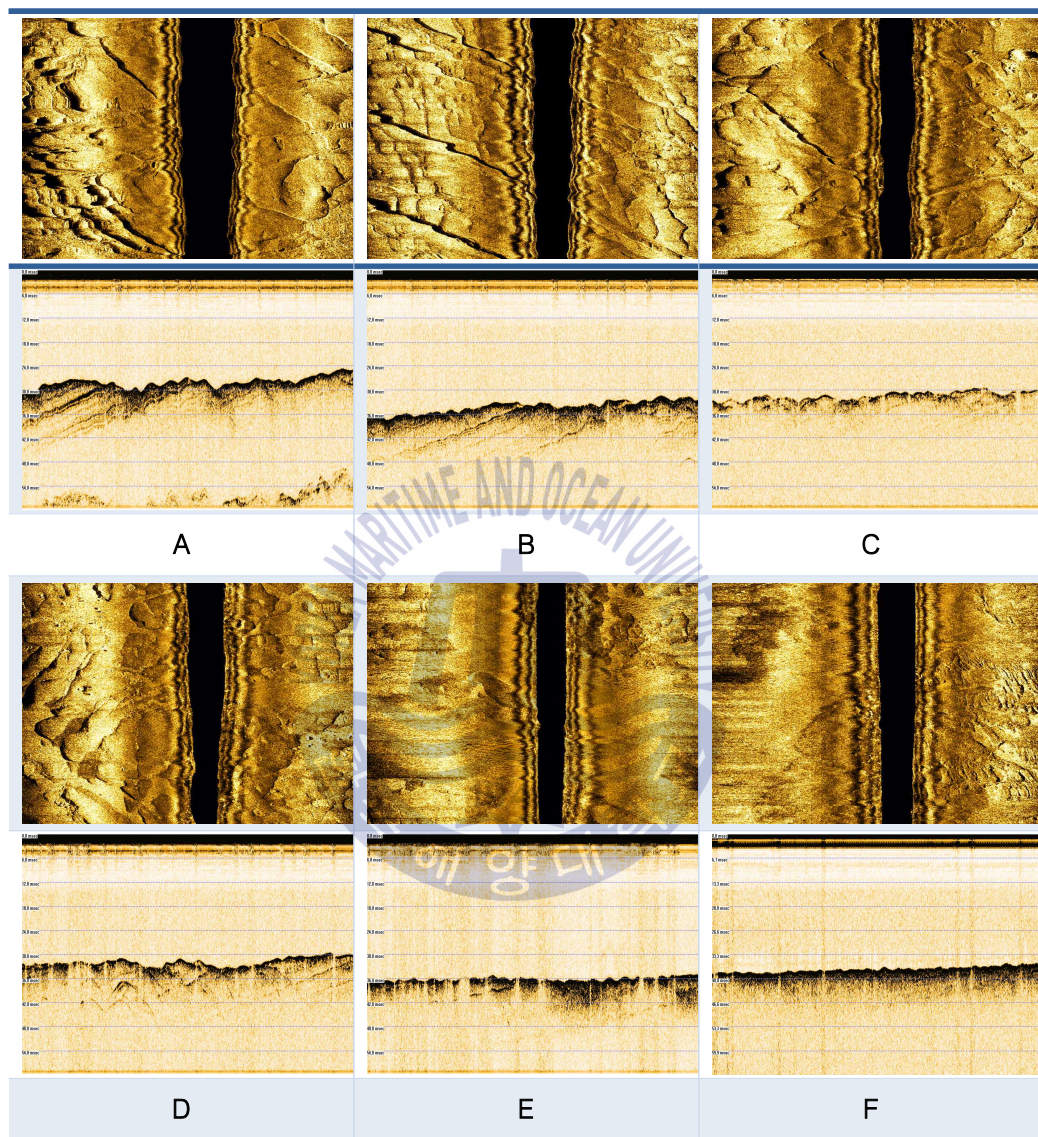


Fig. 11 Shallow strata image around M17

정박지 M18 주변 수심은 16m~24m로 동쪽으로 갈수록 깊어지는 양상을 보였으며, 표층의 저질채취 분석 결과 자갈(Gravel ; G)로 확인되었다. 정박지 M18 주변의 해저면 영상탐사 영상 및 천부지층 탐사영상을 확인한 결과, 암으

로 추정되는 부분(그림 A, D, E, F)이 우세하게 나타났고, 표층에 일부 자갈이 덮인 지형(그림B, C)도 존재하는 것으로 사료된다. 그리고 표층의 대부분이 굴곡이 심한 형태로 확인되었다.

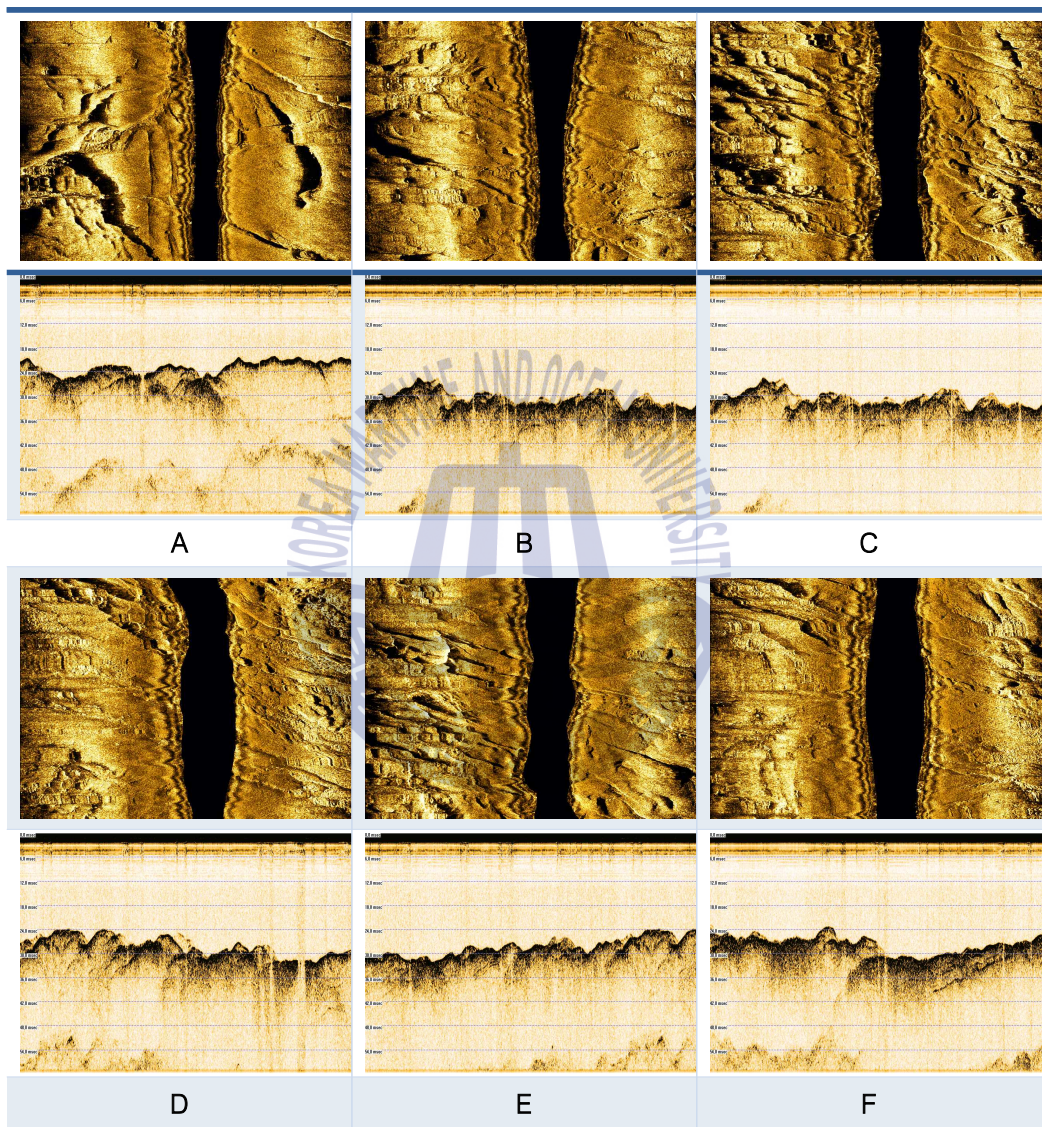


Fig. 12 Shallow strata image around M18

정박지 M19 주변 수심은 25m~29m로 동쪽으로 갈수록 깊어지는 양상을 보였으며, 표층의 저질채취 분석 결과 북쪽 부근은 자갈(Gravel ; G)로 확인되었

고, 동쪽과 서쪽 부근은 암(Rock ; R)으로 확인되었으며, 남쪽 부근은 모래(Sand ; S)로 확인되었다. 정박지 M19 주변의 해저면 영상탐사 영상 및 천부지층 탐사영상을 확인한 결과 암으로 추정되는 부분(그림 A, B, C, D)이 우세하게 나타났고, 남쪽 부근은 모래로 추정되는 형태(그림 E, F)로 사료된다.

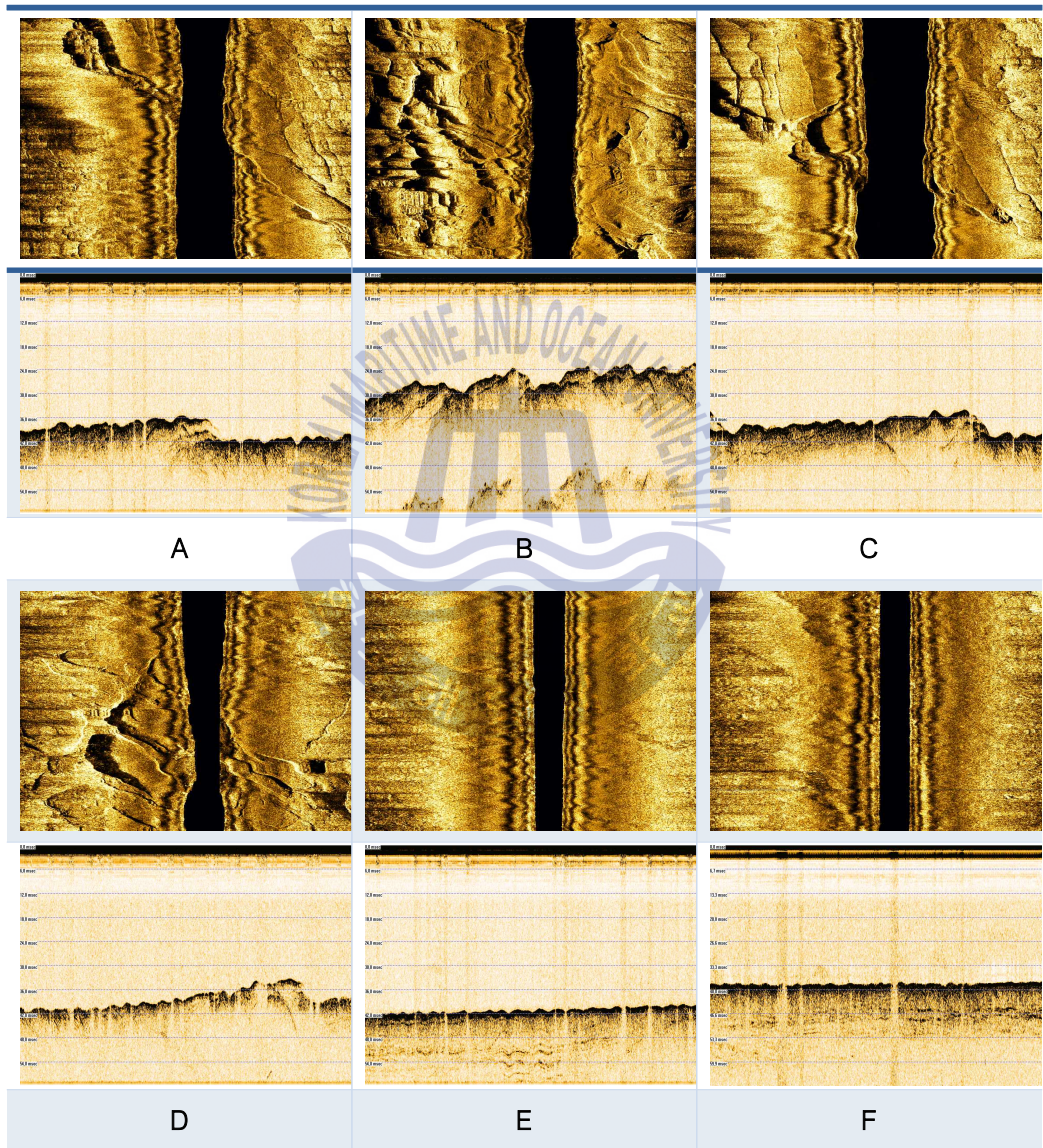


Fig. 13 Shallow strata image around M19

해저저질 탐사결과와 해도상의 위치를 중첩하여 표현하면 Fig. 14와 같다.

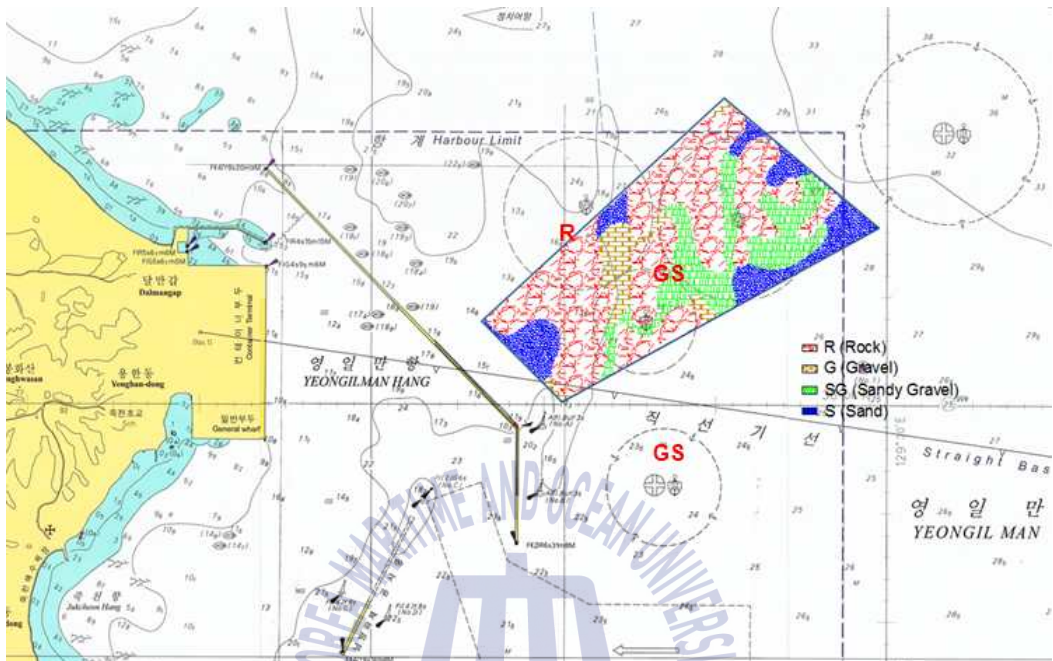


Fig. 14 Result of sediment survey on 5th section anchorage

Fig. 14는 외해개방형 정박지로 구분할 수 있는 수역인 영일만항 전면해상에 위치한 조사대상 지역을 현장 조사한 결과 기존의 해도에 표기 된 저질상태와 조사한 결과가 유사한 것으로 분석되었다.

3.2.3 수심

해도상에서 해저의 기복상태를 알아보기 쉽게 하는 것으로서 산의 등고선에 해당된다. 등심선은 연속하는 가는 실선으로 나타내며 그 깊이 수치를 선의 일부를 잘라서 기재한다. 통상 2m, 5m, 10m, 20m 및 200m의 등심선이 그려져 있다.

등심선은 항해의 안전을 고려하여 그와 같은 수치의 수심보다도 항상 깊은 쪽으로 그어 있다. 소형선박용 해도에서는 2m, 5m의 등심선 표시에 조심할 필요가 있다. 옛날 해도에는 각각 규정된 기호로 그려져 있고 만일 등심선의

기호를 잘 모를 때는 그 선의 양쪽의 수심 숫치를 보고 판정할 수가 있다.

바다 부분에 표기되어 있는 많은 숫자는 그 위치에 있어서의 깊이를 나타내며 이것은 해도 중에서 가장 중요한 것이다. 이 숫자는 항해상의 안전성을 고려하여 해면이 이 아래로 내려가는 일이 거의 없는 면(기본수준면)의 수치이고 도상의 수심은 가장 얇은 물 깊이 숫치를 나타내고 있다 할 수 있다. 수심의 위치는 숫자의 중심이다. 각 해역에 있어서의 수심 표현은 다음과 같다.

① 항만 내의 항로, 묘박지 등에서는 [준설구역 10m(1990)]과 같이 표시된 곳이 있다. 이것은 이 구역내가 10m까지 파졌고 측량년도가 1990년임을 나타내고 있다.

② 안벽 바로 앞의 수심은 축척관계로 필요한 수심숫자가 안벽과 겹치는 까닭에 측심위치로부터 표시 할 수 있는 범위 내에서 위치를 옮겨서 기재하고 있다.

③ 협수로는 가항수심을 표시하고 있는데 이 경우 얇은 수심과의 경계가 확실하도록 수심간격이 조밀 하다.

④ 얇은 여울같은 곳은 그중 가장 얇은 곳의 수심을 기재하고 존재가 쉽게 알 수 있도록 도식하고 있다.

3.2.4 정박지 지정방식

각 항만에 지정된 정박지는 원정박지, 집단정박지, 원정박지 및 집단정박지 혼합, 집단정박지내 포인트로 지정하는 방식으로 나타낼수 있으며 그 특징은 다음과 같다.

(1) 원정박지

선박 1척이 정박지 원형 수역내에 정박하는 방식으로 타선박과의 간섭이 없으며 이 방법을 사용하는 대표적인 항만은 포항, 목포, 인천항 입구에서 사용되고 있다.

(2) 집단정박지

정박선박이 자유롭게 정박할 수 있어 안전확보에 용의한 정박지 지정방식이나 체선이 많이 되어 정박척수가 증가할 경우 인근 선박의 위치에 따라 정박수역이 축소될 가능성이 있는 단점이 있는 방식으로 우리나라 울산항 입구에서 사용되고 있다.

(3) 원정박지 및 집단정박지 혼합

집단정박지 내에 원정박지를 지정하는 방식으로 여수 광양항 입구에서 사용되고 있는 방식이다.

(4) 집단정박지내 포인트 지정 방식

집단정박지내에 정박위치를 포인트로 지정하는 방식으로 여러선박이 정박하려고 할 경우 효율적으로 정박이 가능하나 정박선박간의 여유거리 확보가 필요한 단점이 있다. 이 방식은 우리나라 부산 북항내에서 사용되고 있는 방식이다.

3.2.5 사고사례 조사

2012년 1월 19일 오전 11시경 파나마 국적의 3만t급 화물선 ‘글로벌 레저시’호가 영일만항 북방파제 부근 5구역 정박지 M-17 구역에 정박 중에 기상악화로 인하여 주묘가 발생하였고, 양묘 및 피항 조치를 취하는 과정에서 기관 고장으로 방파제와 충돌하는 사고가 발생하였다. 당시 해양경찰 실측기상은 북~북동풍 12~16m/s의 강한 바람과 파고 4~5m의 높은 파도의 풍랑주의보가 발표된 상황이었다.

사고 선박의 상세자료는 대상선박 중 유사한 크기의 선박으로 그 제원은 아래 표와 같으며, Fig. 12는 포항해상교통관제센터에 저장된 당시 사고 선박의 사고 항적이 기록된 것이다.

Table. 19 Ship's Specifications of DWT 30,000ton class

선종	G/T	DWT	전장	폭	흘수
화물선	30K	57K	189.9	32.26	11.30

Table. 20 Equipment Number of DWT 30,000ton class

선종	앵커중량 (톤)	체인중량 1s's(톤)	정면풍압 면적(A)	측면풍압 면적(B)	저질
화물선	4.35	3.263	609.4	2001.9	Gravel



Fig. 15 Trajectory of Ship occurred maritime accident

사고 선박의 파주력 계산은 앵커의 파주계수는 ASS형 앵커의 계수를 이용하였고, 선박이 Ballast condition이고 앵커체인의 신출량을 8샤클, 수심 30m, 기상은 파고가 4m, 조류는 0.4knot로 전제하여 수행하였다.

대상선박의 저질별 한계풍속은 아래 표와 같이 조사되었으며, 사고당시 투묘를 한 수역의 저질은 자갈과 모래(GS : Gravel&Sand) 계열인 것으로 조사되어 외력과 파주력이 같아지는 시점은 풍속이 14.2~15.5m/s인 것으로 산출되었다.

Table. 21 Comparison Table of each seabed of DWT 30,000ton class

		Critical velocity (m/s)	holding power(t)	Chain holding part : L (m)	Total ex. Force(t)	Remark
Ballast	Mud	16.0	28.33	52.5	28.29	
	Sand	15.5	25.74	57.5	26.59	
	Gravel	14.2	22.63	70.2	22.41	
	Flat rock	12.5	17.74	86.7	17.50	

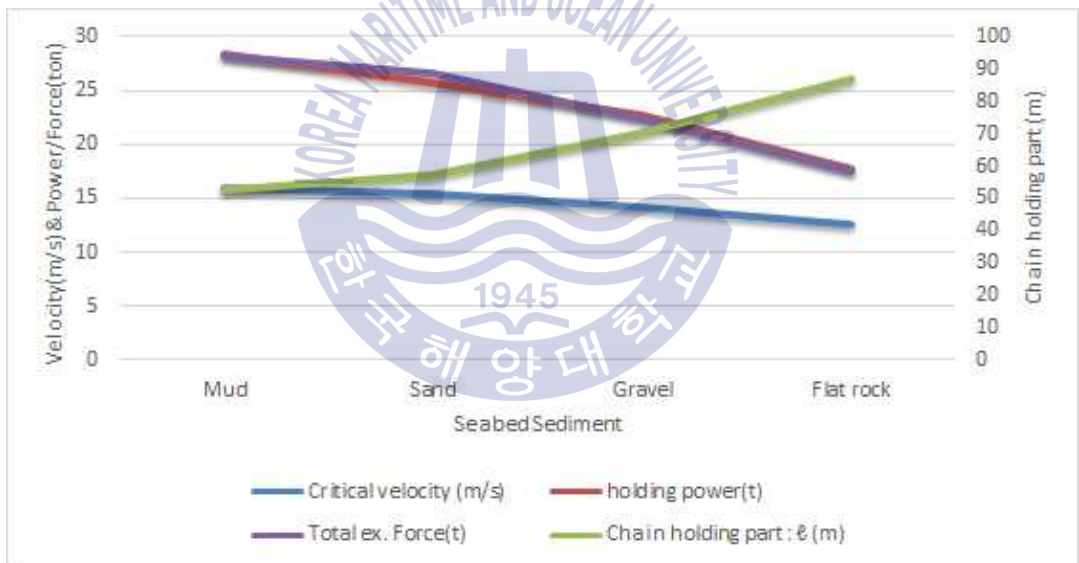


Fig. 16 Comparison of each seabed of DWT 30,000ton class

해당 사고 선박은 풍랑 주의보 발효풍속인 14m/s에서 주묘의 위험성이 있기 때문에 풍랑주의보 발효 이전에 주묘에 대한 대비를 했어야 하는 것으로 분석 되었으며, 당시 기상상태에서 주묘 발생후 대처하는 과정에서 기관고장으로 인한 해양사고가 발생된 것으로 분석된다.

다른 사례로는 2013년 10월 15일 포항항 제5구역 M-19 정박지에 정박했던

파나마 선적 Cheng Lu 15호(G/T 8천461t)가 북~북동풍 20~24m/s의 강한 바람과 6~8m의 파도로 풍랑경보가 발효 중이었으며, 이날 오후 5시 46분께 영일만항 북방과제와 충돌하여 침몰하는 사고가 발생하였다. 영일만 M-19 묘박지에 내려놓았던 닻이 강풍과 높은 파도로 인하여 주묘가 되었고 선장은 긴급구조를 요청했지만 기상악화로 인해 구조의 손길도 미칠 수가 없었다. 선박 선수에서 긴 밤을 보낸 선원 7명이 16일 오전 해경에 구조됐고, 바다에 표류하던 선원 1명도 극적으로 구조됐다. 그러나 구명보트를 타고 탈출을 시도했던 선원 9명이 숨지고 2명이 실종되었다.

사고 선박인 Cheng Lu 15호의 제원은 Table. 22와 같다.

Table. 22 Ship's Specifications of DWT 14,000ton class

선종	G/T	DWT	전장	폭	흘수
화물선	8K	14K	139.0	21.0	11.40

Table. 23 Equipment Number of DWT 14,000ton class

선종	앵커중량 (톤)	체인중량 1s's(톤)	정면풍압 면적(A)	측면풍압 면적(B)	저질
화물선	4.35	3.263	609.4	2001.9	Gravel

Table. 24 Comparison Table of each seabed of DWT 14,000ton class

		Critical velocity (m/s)	holding power(t)	Chain holding part : L (m)	Total ex. Force(t)	Remark
Ballast	Mud	15.2	17.80	34.6	17.62	
	Sand	14.4	16.19	42.4	15.99	
	Gravel	13.4	14.14	52.1	14.07	
	Flat rock	11.5	10.87	70.4	10.81	

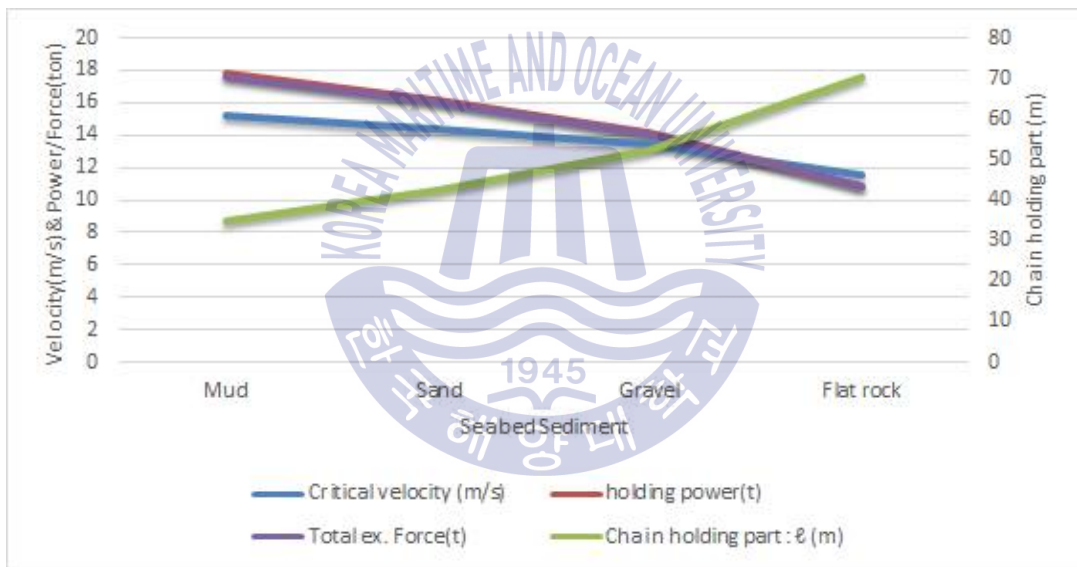


Fig. 18 Comparison of each seabed of DWT 14,000ton class

3.3 외해 개방형 정박지 안전 시스템 도출

외해 개방형 정박지 안전 시스템이란 개항 인근에 지정된 정박지 중 외해로부터 위험 요소들이 직접적으로 정박선박에 미칠 때 안전 확보와 함께 정박지를 효율적으로 활용하기 위해 고안된 시스템이라고 정의한다.

본 시스템은 정박지에서 정박선박에 위협이 되는 요소는 무엇인가 분석하여 선박이 안전을 확보할 수 있는 방안이 무엇인가를 도출하는 판단의 기준을 제시하는 것이다.

정박지 관할 기관에서는 정박지에 정박선박의 안전 확보와 정박 효율성 향상을 위하여 정박지 안전시스템을 도입하고자 한다.

정박지에서 선박이 태풍이나 기상악화로 인한 정박 안전에 위협이 예상되는 기준을 체계화하기 위하여 해상교통관제센터에서 정박지를 관리를 원활히 할 수 있도록 해야 한다.

일반적으로 최종 목표는 정박선박의 안전이기 때문에 선박이 받는 외력에 대항하기 위한 조치, 예를 들어 앵커체인의 추가 신출 및 엔진사용, 들은 본선에서 이루어져야 하는 사항이나, 관계 기관에서도 충분한 대응이 될 수 있도록 기준안이 필요하다.

외해 개방형 정박지에서 정박선박 안전 시스템은 정박선박의 안전을 확보함과 동시에 정박지를 효율적으로 관리할 수 있을 것으로 예상되며, 해상교통관제센터에서 제공되는 각종 기상정보 및 항만시설 운영세칙 등을 고려하여 설계되었다.

특히, 정박지 위치가 외해에서 오는 외력의 직접적인 영향을 받는 외해 개방형 정박지에서 안전시스템 운영 시 고려사항으로는 크게 4가지로 분류를 하며, 그 내용을 아래 Fig.17과 같이 정박지의 수심, 저질, 고시형태 등을 고려하는 지형적인 특성과 바람, 조류, 파랑 등 선박이 받을 수 있는 외력에 해당하는 기상조건, 외력에 대항할 수 있는 선박의 파주력과 추진력, 그리고 항만 운영을 위한 관련 법규의 요소로 구분할 수 있다.

이들 요소들을 다시 안전시스템의 고정요소와 가변요소로 구분하여 설명하면, 고정요소로는 지형적인 특성과 관련법규로 구성하고 가변요소는 기상요소와 선박의 대항력으로 구분하여 정리하였다.

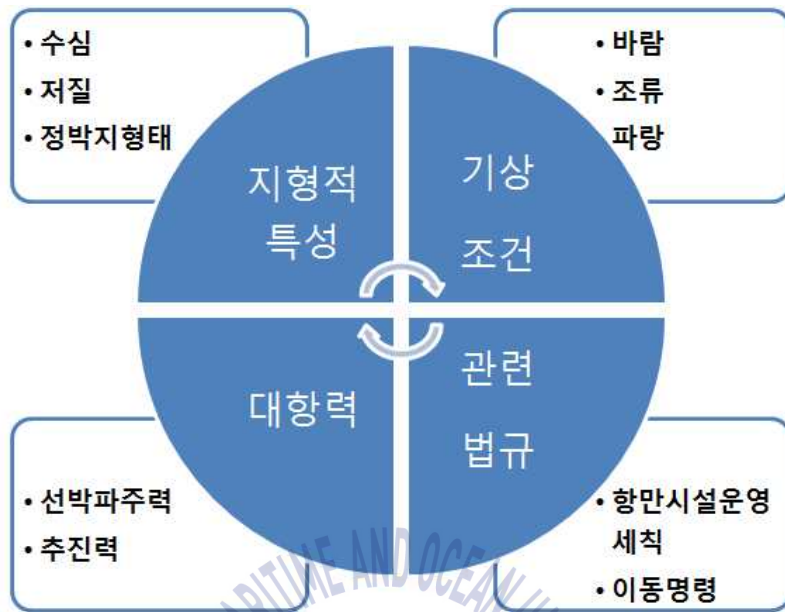


Fig. 19 Component of Anchorage Safety system

3.3.1 고정요소

정박지 관할 기관에서는 정박선박의 안전 확보 및 효율성 향상을 위하여 고려해야 할 요소로서 정박지가 위치한 수역의 수심과 파주력에 영향을 주는 저질 그리고 스웰을 직접적으로 받는 등의 지형적인 특성과 항만의 운영세척 및 규정과 이들 법규에 안전을 위한 이동명령을 내릴 수 있는지에 여부를 고시한 관련법규는 고정된 요소로 분류를 한다.

가. 정박지

정박지는 선박의 안전한 정박, 조선의 용이, 하역의 효율성, 기상·해상조건, 항내반사파·항주파 등의 영향 및 관련시설과의 조화가 잘 이루어지도록 한다.

항만 및 어항 설계기준⁶⁾·해설 2014에 따르면 정박지는 정박지, 묘박지, 부표박지, 외에 선회장 등의 조선수면을 포함하고, 기능상 정온하고 충분한 수면적을 갖추고 있으며 닛 놓기에 양호한 저질과 잘 정비되어 있는 부표가 있고, 바

6) 항만 및 어항설계기준 및 해설 2014. 제6편 수역시설 및 준설... 매립 제1장 수역시설

람, 조류 등의 양호한 기상, 해상 조건을 만족될 때 양호하다고 본다.

선박의 묘박 방법에서 이용도가 높은 방법은 단묘박과 쌍묘박이 있고, 그 외에 2묘박, 선수·미묘박 등이 있다.

묘쇄의 길이는 선박의 선형, 묘박방법, 기상·해상조건 등에 따라 다르고, 선박에 작용하는 힘에 저항할 수 있는 앵커의 파주력에 부가하여 해저에 놓인 체인에 의한 파주력을 확보 할 수 있도록 묘쇄를 길게 할 필요가 있다. 즉, 묘쇄는 길게 할수록 안전성이 높아진다.

단묘박의 경우 회전의 중심이 되는 점에서부터 선수까지 수평거리에 자기 배 길이를 합한 값을 반지름으로 하는 원의 크기로 구할 수 있으며, 해저저질이 양호할 경우 선박의 전장과 수심의 6배의 합에 해당하는 길이로 묘쇄를 신출하는 것이 적절하며 저질이 불량할 경우 양호한 저질에 비해 30m를 더 신출해서 안전성을 향상시킨다.

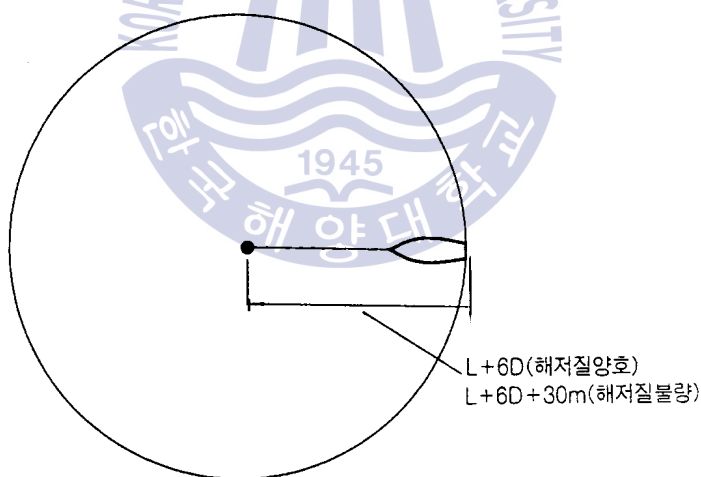


Fig. 20 Lying at single anchor

쌍묘박의 경우 해저저질이 양호할 경우 선박의 전장과 수심의 4.5배의 합에 해당하는 묘쇄를 신출하는 것이 적절하며 저질이 불량할 경우 양호한 저질에 비해 25m를 추가 신출해서 안전성을 향상시킬 필요가 있다.

본 논문에서는 정박선박의 안전을 위협하는 기준을 산정함에 있어서는 단묘

박 조건으로 산출하였으며, 이는 위험이 예상될 때 본선에서 즉각적으로 조치를 취할 수 있도록

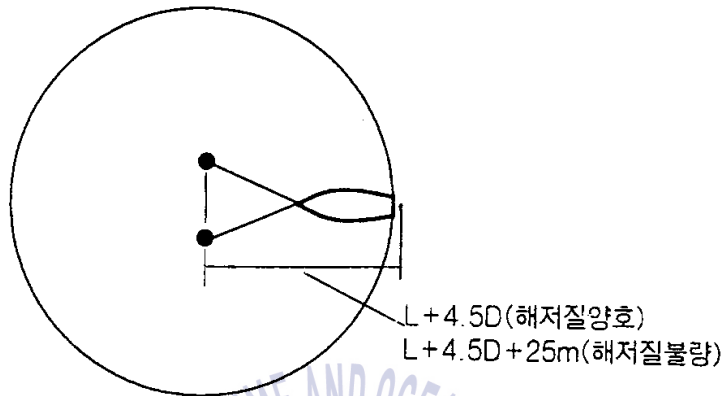


Fig. 21 Mooring

나. 관련법규 및 제도

지리적인 영향을 고정된 요소로 해당 항만의 여건에 따라 인근 수역에 수심과 파주력을 확보할 수 있는 수역을 선정하고 항만시설 운영세칙 등 관련법규를 제정하여 정박선박의 안전을 확보할 수 있어야 한다.

태풍 또는 기상악화 시 예상되는 위험에 대비하여 2.5항에서 언급한 바와 같이 개항질서법 제9조(이동명령) 및 제10조(정박의 제한 및 방법 등)에 관한 규정을 항만시설 운영세칙 등 관련 법규 및 규정에 적극 반영하여 주묘가 발생한 선박으로 인해 야기될 수 있는 2차 사고를 예방할 수 있도록 해야 한다.

3.3.2 가변요소

선박이 정박지에 투묘를 할 경우, 정박선박에 영향을 미치는 외력 요소로 기상환경과 이를 대항할 수 있는 요소로 선박 의장수에 따른 파주력과 기관을 이용한 추진력으로 정의할 수 있다.

이 두 가지 요소는 모두 상황에 따라 가변적이기 때문에 선박이 정박한 정박

지의 위치와 승선하고 있는 인력의 직무 능력 등을 포함해서 위험에 대비할 수 있다.

정박선박 안전시스템에서는 정박선박이 외력으로 받을 수 있는 바람과, 조류, 파랑 등의 기상조건과 선박이 갖는 파주력과 추진력을 나타내는 선박의 대항력은 가변적 요소로 적용하였다.

기상조건은 기상청에서 발표되는 특보를 기준으로 하며, 기상악화 시 풍속에 가장 영향을 많이 받으며, 지역에 따라 유속에 영향을 받을 수 있다. 그러나 통상적으로 유속이 강한 수역은 정박지로는 적합하지 않으므로 정박지를 지정할 때 고려해야 할 사항이다. 또한 표류력은 먼 바다에서부터 전해오는 파랑 혹은 스웰로 인하여 정박선박이 상하 원운동을 하게 됨으로써 앵커체인 현수부 및 파주부에 영향을 주게 되므로 고려하여 적용하였다.

정박 선박은 기상 악화 시 선박의 안전을 위하여 당직 강화 및 선박 의장수에 따른 대항력을 능가하는 외력이 예상될 때를 대비하여 추진력을 함께 활용하여 파주력을 보완하여 선박의 대항력을 향상시키고, 긴급시 외해로 즉각 대피할 수 있도록 기관사용 준비를 함께 해야 한다.

또한, 외력을 강하게 받는 상황에서는 양묘하는 동안 파주력이 감소되므로 양묘시 조선에 특히 유의해야할 필요가 있다.

제 4 장 외해 개방형 정박지 안전시스템 설계

4.1 지형적 특성

항만에 입출항하는 선박들이 임시로 정박하는 장소로 무역항 인근에 지정 고시되어 운영되는 정박지들 중 정박수역이 섬이나 육지에 의해 일부 보호되거나 항만시설(부두 혹은 방파제)로 인하여 정온도가 확보되는 수역을 제외한 외해로부터 전해오는 스웰의 영향을 직접적으로 받을 수 있는 수역에 위치한 정박지는 앞 장에서 언급한 바와 같이 외해 개방형 정박지로 구분하였다.

이러한 외해 정박지는 선박이 투묘를 하고 있을 때 기상악화로 주묘가 발생할 우려가 예상 될 때는 주묘가 되는 선박뿐만 아니라 인근에 정박 중인 선박들의 안전에도 위협이 될 수 있다.

또한, 정박지의 지정은 선박이 충분한 파주력을 확보하기 위한 적정 수심과 가급적 조류의 영향을 적게 받는 수역을 선정함이 마땅하다.

4.2 외력요소

선박이 묘박지에 정박하고 있는 상태에서 선박에 영향을 미치는 외적인 요소로는 바람에 의해 선박의 수면상 면적이 받는 풍압력(FW : Wind Force)과 조류에 의해 선박의 수면하 면적이 받는 조류력(FC : Tidal Current Force) 및 바람과 동반되는 파랑에 의한 표류력(FD : Drifting Force)이 선박이 받는 외력의 요소이다.

이들 외력 요소 중 바람에 의한 풍압력은 지형적인 특성에 관계 없이 모든 선박에 영향을 받게 되고, 정박지 수역의 조류 또한 정온도가 유지되는 지역으

로 지정함으로써 정박선박의 안전을 확보할 수 있다.

그러나 외해로부터 전해오는 스웰의 경우 육지나 인공구조물로 그 영향을 줄일 수 있으나 이러한 외부 영향을 막을 수 없는 수역에서는 정박선박의 안전 확보를 위해 당직근무자들은 특히 주의를 해야 한다.

4.2.1 풍압력

바람에 의한 풍압력(FW ; Force by wind)은 식(1)에 의해 산출하였다.

$$FW = \frac{1}{2} \times C_a \times \rho_a \times V^2 (A \cos^2 \alpha + B \sin^2 \alpha) \text{ -----(1)}$$

여기서, FW : 바람에 의한 풍압력(kg · f),

ρ_a : 공기밀도(kg · sec²/m⁴),

C_a : 풍압계수,

V : 풍속(m/s),

A : 정면 풍압면적,

B : 측면풍압면적,

α : 수풍각

여기서 C_a 의 값은 1.5를 취하고 α 는 45°를 취하면 충분히 큰 값으로 되고, 이 FW 값에 대한 Chain cable의 장력을 고려하여 안전도를 생각하면 실용상 충분하리라 판단된다.⁷⁾

4.2.2 표류력

파랑에 의해 발생하는 표류력은 규칙성분과 불규칙 성분으로 나눌 수 있으며, Hirano(1995)에 의하면 규칙성분인 정상 표류력은 상대파향과 파장/선장비 (λ/L)로 결정되는 표류계수와 파 진폭을 변수로 하는 식(2)로 산출하였다.

7) 윤점동, 「선박조종의 이론과 실무 2013 개정판」, 세종출판사, 2013. p.239.

$$F_D = \frac{1}{2} \times \rho_w \times C_w \times g \times L \times h_c^2 \quad (60)$$

여기서, ρ_w : 해수밀도 ($kg \cdot sec^2/m^4$),

C_w : 표류계수,

g : 중력가속도,

L : 선체길이,

h_c : 파 진폭

Remery 연구에 의하면 불규칙파 중의 평균 표류력은 유의파의 진폭과 평균 파의 주기에 대응하는 규칙파가 갖는 표류력의 약 1/8 정도인 것으로 알려져 있다.

4.2.3 조류력

조류에 의한 유압력은 마찰저항과 압력저항으로 구분할 수 있다. 그러나 정박지의 수심과 흘수 비가 상당히 크고, 조류의 입사각이 작을 경우 선수방향에 가까운 유체의 흐름에 대한 저항은 대부분 마찰저항에 해당하므로 식(3)에 의해 산출하였다.

$$F_c = \rho_w \times \lambda \times S \times V_w^{1.825} \quad \text{-----}(3)$$

여기서, $\lambda = 0.1392 + \frac{0.258}{2.68 + L}$ (단, 깨끗한 외판으로 가정)

F_c : 조류력 ($kg \cdot f$),

ρ_w : 해수밀도 ($kg \cdot sec^2/m^4$),

λ : 마찰계수,

L : 선체길이(m),

S : 수면하면적(m^2),

V_w : 유속(m/s)

포항항의 경우 유속이 0.4knots 미만으로 정박선박 안전성에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다.

4.3 안전을 위한 이동명령에 관한 법규

선박의 이동명령에 관한 규정을 포함하고 있는 법률은 해양경비법, 수난구호법, 개항질서법 등이 있다.

4.3.1 해양경비법

해양경비법은 경비수역에서의 해양안보 확보, 치안질서 유지, 해양자원 및 해양시설 보호를 위하여 해양경비에 관한 사항을 규정함으로써 국민의 안전과 공공질서의 유지에 이바지함을 목적으로 하고 있다.

이 법 제14조(해상항행 보호조치 등) 제2항은 해양경찰관은 경비수역에서 ① 태풍, 해일 등 천재(天災), ② 위험물의 폭발 또는 선박의 화재, ③ 해상구조물의 파손 등의 어느 하나에 해당하는 사유로 선박 등이 좌초·충돌·침몰·파손 등의 위험에 처하여 인명·신체에 대한 위해나 중대한 재산상 손해의 발생 또는 해양오염의 우려가 현저한 경우에는 그 선박 등의 선장에 대하여 경고, 이동·피난 명령 등 안전조치를 할 수 있다.

다만, 이의 경비수역에서 “개항질서법”에 따른 개항의 항계안 등의 수역은 제외하고, 또한 외국선박에 대한 안전조치는 연안수역에서만 실시한다. 따라서 “해양경비법”은 본 연구의 지리적 범위에 해당하는 항계내에서의 선박의 이동명령에 관해서는 적용하지 않는다.

4.3.2 수난구호법

수난구호법은 해수면과 내수면에서 조난된 사람, 선박, 항공기, 수상레저기구 등의 수색·구조·구난 및 보호에 필요한 사항을 규정함으로써 조난사고로부터

국민의 생명과 신체 및 재산을 보호하고 공공의 복리증진에 이바지하는 것을 목적으로 하고 있다.

이법 제10조(선박의 이동 및 대피 명령)는 구조본부의 장으로 하여금 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 선박의 경우에는 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 해당 선박의 이동 및 대피를 명할 수 있도록 규정하고 있다.

- ① 태풍 등 해상기상의 악화로 조난이 우려되는 어선
- ② 선박구난현장에서 구난작업에 방해가 되는 선박

수난구호법은 근본적으로 해수면 또는 내수면에서 조난을 당한 사람 및 선박 등의 수색·구조·구난을 목적으로 제정되었으며, 예외적으로 제10조에서 태풍 등 기상악화 시 조난이 우려되는 “어선”에 구조본부의 장으로 하여금 이동명령을 할 수 있도록 하고 있다. 또한 선박구난현장에서 구난작업에 방해가 되는 선박에도 이동명령을 할 수 있다. 따라서 수난구호법은 주로 상선이 입항하는 개항에서 기상악화 시 조난예방 차원에서 정박상선에게 이동명령을 해야 하는 경우에는 적용되지 않는다고 봐야한다.

4.3.3 개항질서법

개항질서법은 제1조(목적)에서 개항(開港)에서 선박교통의 안전 및 질서 유지에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다고 규정하고 있다.

여기선, 개항장에서 정박 중인 선박의 이동명령에 관한 사항은 이 법 제9조에서 다음과 같이 규정하고 있다.

제9조(이동명령) 제1항 : 해양수산부장관은 개항을 효율적으로 운영하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 개항의 항계안 등에 있는 선박에 대하여 항계 안이나 항계 밖의 다른 장소로 이동할 것을 명할 수 있다.

이 법에서는 모든 선박은 항계 내에서 자의적 이동을 금지하고 있으나(개항

질서법 제9조), 선박의 이동이 필요한 경우에는 해당 선박에게 다른 개항으로 이동을 지시하여 항계 내 수역의 안전과 효과적인 운용을 도모하는데 이동명령의 의의가 있다고 볼 수 있으며, 다음과 같은 일이 예상되거나 발생하였을 때 해양수산부장관은 어떠한 선박이라도 이동을 명할 수 있다고 주장하고 있다.

- ① 태풍이 접근하고 있고 예상 진로가 항만수역을 통과할 것으로 보이는 경우
- ② 항내 화재로 인하여 부근의 선박에 화재가 확산될 위험이 있는 경우
- ③ 부근 선박의 화재로부터 대피시킬 필요가 있는 경우
- ④ 자선에 화재가 발생하여 다른 선박 또는 육상시설에 위험을 주는 경우
- ⑤ 선박량이 폭주/하여 하역 등 항만기능이 저하되는 경우

이동명령에 관한 주요 내용은 태풍 등 기상 악화시 정박선박의 이동을 명할 수 있는 가의 문제로 위의 “① 태풍이 접근하고 있고 예상 진로가 항만수역을 통과할 것으로 보이는 경우”로서 이동명령이 가능한 것으로 판단된다.

또한, 정박선박의 이동명령에 관한 해석은 주로 개항질서법 제9조를 대상으로 하고 있으며, 동 법 제10조에서는 정박선박의 이동명령에 관하여 명확히 규정하고 있다.

제10조(정박의 제한 및 방법 등) 제5항 : 해양수산부장관은 정박하는 선박의 안전을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 개항에 정박하는 선박에 대하여 정박 장소 또는 방법의 변경을 명할 수 있다.

개항질서법 제9조가 “항만의 효율적인 운영”을 위하여 정박선박의 이동을 명할 수 있다고 규정하는 반면에, 제10 제5항은 “정박선박의 안전”을 위하여 정박 장소의 변경을 명할 수 있다고 규정함으로써 기상 악화시 정박선박의 이동명령에 관한 근거를 더 명확히 하고 있다고 할 수 있다. 본 제10조 제5항은 2011.6.15 개정시 시행령에 있던 것을 법률로 상향 조정함으로써 강행성을 법적 근거를 분명히 한 것이다. 즉 시행령 사항을 법률에 규정함으로써 법적 규범력

을 강화하고자 하는 입법취지로 볼 때 해양수산부장관은 기상 악화 시 등 위급한 상황에서 정박하는 선박의 안전을 위하여 이동명령을 강제로 명할 수 있다고 해석된다.

4.3.4 항만시설 운영세칙

정박지를 안전하고 효율적으로 운영하기 위하여 관할 기관에서는 세칙 또는 규정을 마련하여 관리 운영을 하고 있다. 정박지 관할 기관은 부산, 인천, 울산 경우 지역항만공사가 있어 이곳에서 항만시설운영세칙을 마련하여 운영하고 있으며 그 외 지역은 지방해양항만청에서 관리운영하고 있다.

항만시설 운영세칙은 항만법, 개항질서법 등 항만관련법에 의거하여 각 지방청장에게 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 세칙이 운영되고 있다.

포항지방해양항만청에서 운영되고 있는 세칙을 사례로 보면 제1장: 총칙, 제2장: 정박지 및 항로의 지정, 제3장: 선박 입출항 및 해상관제정보 통보, 제4장: 선석 등 운영, 제5장: 하역 및 화물의 장치, 제6장: 항만시설의 유지 및 관리, 제7장: 보칙으로 구성되어 있다. 이 세칙 제4조(정박지의 지정)는 개항질서법 제6조제1항의 규정에 의한 포항항의 항계 안에서 정박 할 수 있는 정박지를 지정하고 있다.

이 세칙 제4장(제8조~제14조)은 선석 등 운영에서는 정박지의 사용신청, 사용허가, 정박의 제한 등을 규정하고 있다.

이 세칙 제29조(선박의 이동명령)는 개항질서법 제9조 및 제10조에 근거하여 기상악화시 또는 선박고장 시 등 필요한 경우 선박의 이동명령에 관한 사항을 규정하고 있다.

제29조(선박의 이동명령) 청장은 다음 각 호에 해당하는 경우에는 선박에 대한 이동을 명할 수 있으며, 이 명령을 받은 선박은 지체없이 지정장소로 이동하여야 한다.

1. 태풍내습, 해일 등이 예상되어 항만시설 보호 또는 선박의 안전확보를 위하여 필요한 경우
2. 선박의 고장, 하역작업 부진 등으로 항만시설사용허가 기간 내에 출항할 수 없어 타 선박접안 등 항만운영에 지장을 초래하는 경우
3. 항만시설사용허가가 취소된 경우
4. 기타 항만운영상 필요한 경우

이동명령에 관한 사항으로 부산항의 풍랑주의보/풍랑경보 예보 사례를 보면 남외항 묘박지에 정박한 선박에게 풍랑주의보/경보에 의한 선박피항 및 선박 안전과 관련하여 강제적인 선박 이동명령은 하고 있지 않으며, 일반 선박관계 운영차원에서 풍랑예보 시 전 선원승선 및 엔진 stand by등을 지시하고 풍랑주의보/경보 발효 시 주요 선박 및 주변 선박에 주의 및 이동 등을 권고하고 있다.

기상악화 시 수역이 불안정해져 정박 중인 선박에 주묘가 발생하여 해양사고를 개연성이 큰 정박지에 장기간(3일 이상) 정박 중인 선박은 해당관청에서 구성된 특별점검반이 직접 승선하여 정박 수칙 준수 여부와 정박등 허가여부, 선박 비상대비 태세와 연락체계 구축 여부 등을 점검할 필요가 있다. 정박수칙 위반 선박은 특별관리 대상으로 지정하고 향후 항만 이용시 엄격한 관리를 하여 정박지 안전성 향상에 이바지하도록 하고 특별점검반 운영에 관한 규정을 세칙에 반영하여 안전강화 목적을 달성할 수 있도록 한다.

4.4 선박 크기별 대항력 분석

4.4.1 대상선박 선정

2013년 해양수산통계연보에 따르면 우리나라 주요항만에 입출항하는 선박의 톤급별 통계는 아래 표 Table 25와 같다. 전체적으로 볼 때 19만 여척의 선박

들이 항만을 입출항한 것으로 조사되었으며, 이들 중 대표선박 8종을 선정하여 정박선박 안전시스템 설계에 사용하였다.

대상선박은 정박지를 이용할 수 있는 선박으로 총톤수 천톤급 이상부터 만톤급 이하의 선박으로 G/T 1.8K, G/T 3K, G/T 5K, G/T 7.4K, 4개 대상선박을 선정하였고 만톤급 이상의 선박에서는 G/T 17K, G/T 30K, G/T 38K, G/T 77K 선박을 대상선박으로 선정하여 자료를 수집하여 이용하였다.

Table. 25 Statistics of Ship's arrival on Pohang port

톤급별(Tonnage)	합 계 (Total)	
	척수(Number)	총톤수(G/T)
100톤미만	29,148	15,639,960
100 ~ 500톤미만	48,668	48,521,441
500 ~ 1,000톤미만	15,537	13,058,780
1,000 ~ 3,000톤미만	30,294	57,967,435
3,000 ~ 5,000톤미만	17,754	73,465,858
5,000 ~ 7,000톤미만	9,383	55,077,131
7,000 ~ 10,000톤미만	11,100	96,770,488
10,000 ~ 15,000톤미만	3,404	42,787,789
15,000 ~ 20,000톤미만	5,393	93,974,095
20,000 ~ 25,000톤미만	2,505	56,049,716
25,000 ~ 30,000톤미만	4,011	111,123,301
30,000 ~ 50,000톤미만	6,828	266,176,049
50,000 ~ 60,000톤미만	3,188	175,957,701
60,000 ~ 75,000톤미만	3,084	207,602,171
75,000톤이상	4,356	474,516,225
합계	194,653	1,788,688,140

* 2013 Statistical Yearbook of MOF

대표선박의 제원은 아래 Table 26.과 같으며 각 대표선박은 각 선박의 G.A (General Arrangement) 도면을 참고하여 작성하였고 파주력 계산에 필요한 흘수(Draft)는 도면상에 기입된 Full Loading condition Draft와 Ballast condition 으로 구분하여 조사하였다.

Table. 26 Specifications of Target ships

대표선	선박제원					
	DWT	G/T	전장	폭	depth	흘수
15만톤급	151,330	77,600	270.0	260.0	43.00	24.1
						8.80
7만톤급	79,454	38,000	229.0	222.0	32.26	20.3
						7.31
5만톤급	56,971	30,138	190.0	185.0	32.26	18.0
						5.65
3만톤급	33,144	17,500	177.5	168.0	28.20	14.2
						4.75
1만톤급	14,000	7,406	136.0	128.5	21.00	11.4
						4.20
7천톤급	7,900	5,200	113.0	105.4	18.20	9.2
						3.66
5천톤급	5,600	3,969	105.5	98.0	16.60	8.6
						3.07
3천톤급	3,500	1,873	87.3	79.8	14.00	7.3
						2.91

대표선박의 앵커 및 앵커체인 의장수는 선박의 앵커와 앵커체인 관련 설계도면과 설계도면 상 앵커체인에 관한 중량 관련 정보가 없는 도면은 2013 한국선급 강선규칙 제4편 선체의장의 내용을 참고하였으며, 풍압면적은 대상선박의 설계 도면에서 정선수방향과 측면방향으로 각각 면적을 계산하여, 만재상태

(Full Loading condition)와 경하상태(Ballast condition)로 구분하여 외력을 계산할 수 있도록 하였다.

Table. 27 Equipment Number & Projected wind Area of Target ships

대표선 (G/T)	Anchor		Anchor Chain			Projected wind Area	
	Weight	Weight/m	Length (m)	ton	DIA	정면(A)	측면(B)
15만톤급 (77K)	12.08	0.21	743	153	97mm	676.05	2402.76
						1054.45	4778.76
7만톤급 (38K)	11.10	0.15	686	99	78mm	699.36	1781.13
						935.18	3455.12
5만톤급 (30K)	8.70	0.12	633	75	73mm	678.19	1476.02
						860.46	2549.46
3만톤급 (17K)	6.90	0.10	605	58	64mm	415.50	954.15
						549.45	1797.27
1만톤급 (7K)	4.59	0.06	550	33	52mm	317.01	650.96
						405.21	1222.16
7천톤급 (5K)	3.48	0.06	495	28	50mm	194.14	506.56
						260.66	919.58
5천톤급 (3K)	4.59	0.07	495	33	52mm	229.00	499.26
						279.88	822.61
3천톤급 (1K)	2.10	0.04	440	17	40mm	189.39	349.05
						230.10	602.99

4.4.2 대상선박별 저질에 따른 한계풍속

정박지 관리 및 운영하는 기관에서는 해양사고 방지를 위해 안전 확보가 우선시 되게 운영해야 할 것이다. 기상 악화가 예상될 때 정박지에서는 선박이 밀집될 경우 특정선박이 주묘가 발생하게 되면 인근 정박선박에게도 위협이 될 수 있기 때문에 정박지를 이용하는 선박들은 풍속을 포함한 외력에 대하여 선박이 갖는 파주력 한계점을 조사할 필요가 있다.

물론, 선박의 외력 및 파주력은 각 선박제원에 따라, 투묘하는 위치의 저질에 따라, 기상조건에 따라 차이가 있을 수 있다. 기본적으로 정박하는 선박은 자선의 특성과 투묘지역의 저질 및 수심 등을 고려하여 선박이 충분한 파주력을 갖도록 앵커체인을 신출해야 한다.

우선, 선박들의 대표적인 선박들을 크기별로 구분하여 해당 선박의 제원을 선박상태별(Full Loading/Ballast condition)로 구분하여 하였으며, 저질별로 한계풍속을 산출하는 기상조건으로 풍랑주의보와 풍랑경보 기준 파고인 3m와 5m를 기준으로 하였으며, 조류는 외해 개방형정박지의 대표적인 항만으로 포항항의 사례로 하였으며, 포항항 평균 유속인 0.4knot로 계산하였다. 파주력 계산을 위한 앵커 신출량은 정박지를 최대한 활용해야하는 제약이 있기 때문에 대상선박 크기별로 6~8s/s으로 제한하였다.

(1) 대상선박 G/T 1.8K(DWT 3천급)

선정된 대상선박 자료를 참고하여 G/T 1.8K급 선박이 앵커체인을 6샤클 신출한 조건에서 한계풍속을 산출하였다. 풍랑주의보의 유의파고인 3m 조건에서 저질상태에 따른 한계풍속은 만재상태에서는 14.2m/s ~ 18.1m/s로 조사되었고, 경하상태에서는 11.3m/s~14.4m/s로 산출되어 경하상태에서 안정성이 떨어지는 것으로 조사되었다. 이 선박의 경우 만재상태에서는 저질상태가 불량한 Rock의 경우 한계풍속이 풍랑주의보 발효 풍속인 14m/s에 이르는 것으로 조사되었고 저질상태가 양호한 Mud의 경우엔 18m/s까지 대상 선박이 파주력으로 견딜 수 있는 것으로 조사되었다.

Table. 28 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT3K/3m wave

Wave = 3m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	18.1	8.49	35.5	8.40	
	Sand	17.3	7.75	40.8	7.70	
	Gravel	16.1	6.77	48.5	6.70	
	Flat rock	14.2	5.28	60.7	5.27	
Ballast	Mud	14.4	8.33	30.9	8.20	
	Sand	13.8	7.59	35.9	7.55	
	Gravel	12.9	6.64	43.5	6.23	
	Flat rock	11.3	5.17	56.7	5.14	

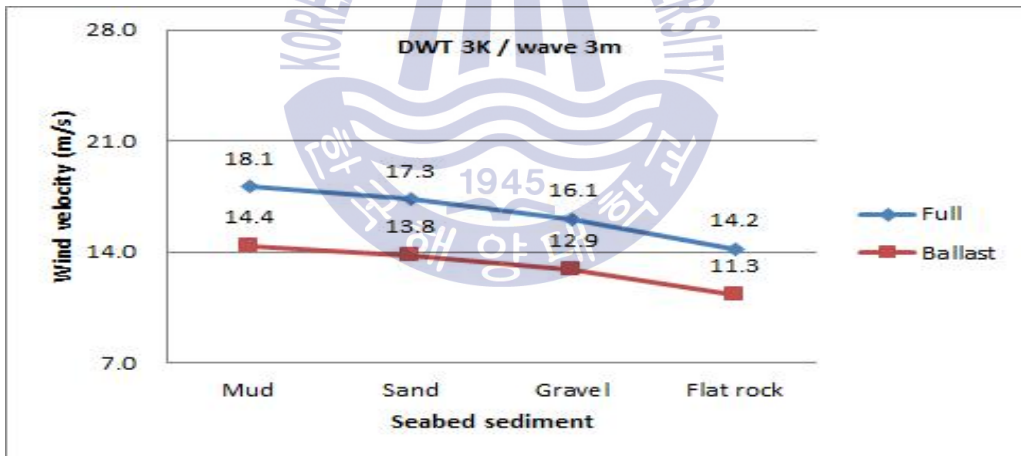


Fig. 22 Critical velocity under DWT 3K / 3m wave condition

풍랑경보의 유의파고인 5m 조건에서 저질별 한계풍속은 모든 저질에서 한계 풍속이 풍랑경보 기준 풍속인 21m/s보다 낮게 평가되어 외력보다 파주력 값이 작은 것으로 산출되었고, 대상 선박은 만재상태 선박은 해저저질에 따라 13.1m/s ~ 18.3m/s에서 한계풍속이 형성되었고 경하상태 선박은 10.4m/s ~ 13.8m/s에서 한계풍속이 형성되어 선박의 상태와 선박이 정박한 위치의 저질

을 고려하여 한계풍속 보다 훨씬 이전 풍속에서 안전조치를 강화해야 할 것으로 판단된다.

Table. 29 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT 3K/5m wave

Wave = 5m		Critical velocity (m/s)	holding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remark
Full	Mud	17.3	8.48	35.3	8.43	
	Sand	16.4	7.76	40.9	7.68	
	Gravel	15.2	6.77	48.2	6.74	
	Flat rock	13.1	5.28	60.8	5.26	
Ballast	Mud	13.8	8.31	30.2	8.28	
	Sand	13.1	7.59	35.8	7.56	
	Gravel	12.1	6.65	43.8	6.59	
	Flat rock	10.4	5.18	56.9	5.12	

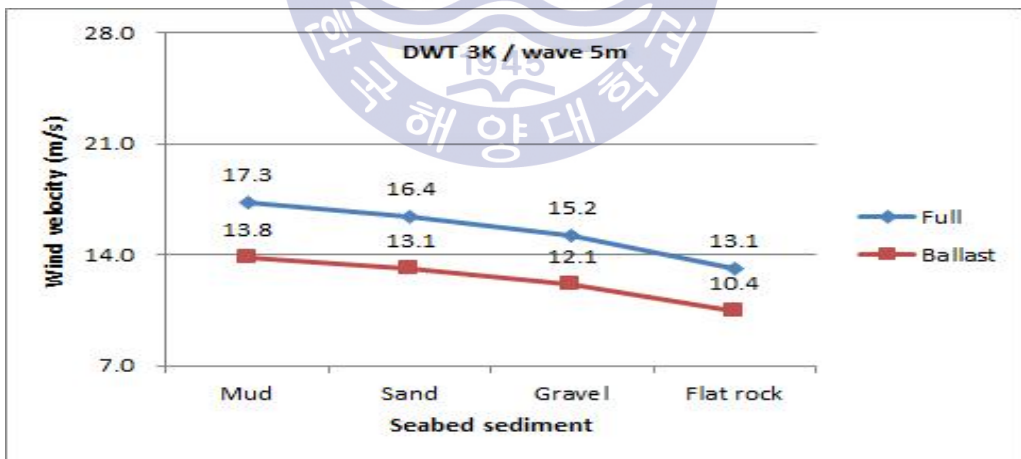


Fig. 23 Critical velocity under DWT 3K / 5m wave condition

(2) 대상선박 G/T 3K(DWT 5천급)

선정된 대상선박 자료를 참고하여 G/T 3K급 선박이 앵커체인을 6샤클 신출

한 조건에서 한계풍속을 산출하였다. 대상선박 자료를 참고하여 기상상태가 풍랑주의보 시점에서는 만재상태와 경하상태선박들은 모든 저질상태에서 파주력이 외력보다 큰 것으로 산출되어 주묘의 위험이 낮은 것으로 조사되었다. 다만, 경하상태에서 저질이 Rock일 경우에는 풍랑주의보 풍속인 14m/s에서 파주력과 외력이 거의 같아지는 시점인 것으로 조사되었다.

Table. 30 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT5K/3m wave

Wave = 3m		Critical velocity (m/s)	holding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remark
Full	Mud	22.4	17.32	23.4	17.14	
	Sand	21.4	15.67	29.3	15.67	
	Gravel	19.9	13.74	38.1	13.58	
	Flat rock	17.3	10.46	53.1	10.34	
Ballast	Mud	18.1	16.97	17.5	16.90	
	Sand	17.2	15.37	24.3	15.29	
	Gravel	16.1	13.48	32.5	13.42	
	Flat rock	14.0	10.23	48.2	10.21	

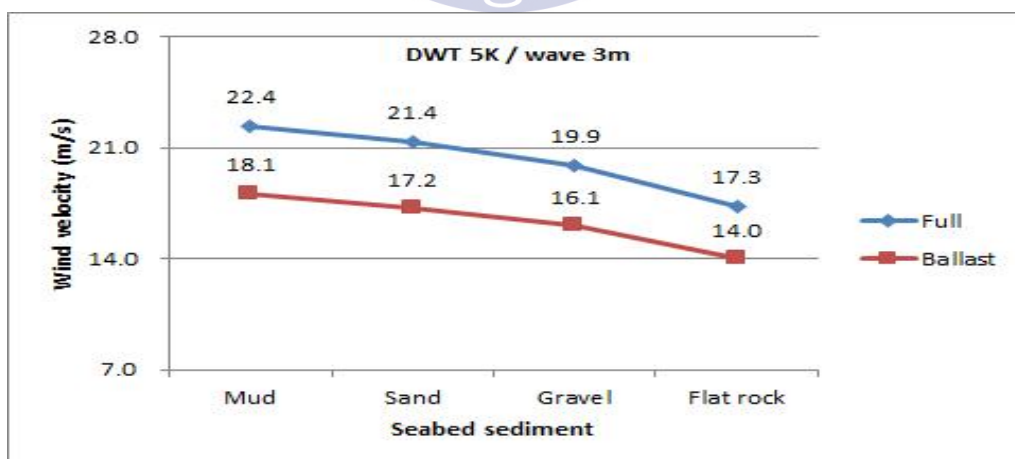


Fig. 24 Critical velocity under DWT 5K / 3m wave condition

풍랑경보의 유의파고인 5m 조건에서 저질별 한계풍속은 만재상태에서는 Mud와 Sand에서 풍랑경보 풍속인 21m/s에 이르기까지 파주력이 외력보다 큰 값으로 산출되어 주요 가능성이 낮은 것으로 조사되었으나 저질이 Gravel과 Rock의 경우는 풍랑경보 기준 풍속에 못 미쳐서 이미 외력이 파주력을 앞서는 것으로 산출되어 주요 위험이 있는 것으로 조사되었다.

또한 경하상태에선 Table. 31에서 보는 바와 같이 저질에 따라 차이가 있으나 저질이 Rock일 경우 풍랑주의보 기준풍속에서 이미 주요발생 위험이 있는 것으로 조사되었고 저질이 양호한 상태이더라도 풍랑경보 기준 풍속이하의 풍속에서 이미 주요 위험이 있는 것으로 조사되어 풍랑주의보 발효 이후 본선에서는 안전강화 조치를 취해야 하는 것으로 판단된다.

Table. 31 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT5K/5m wave

Wave = 5m		Critical velocity (m/s)	holding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remark
Full	Mud	22.0	17.29	22.9	17.27	
	Sand	20.8	15.70	29.8	15.55	
	Gravel	19.4	13.73	37.7	13.66	
	Flat rock	16.7	10.45	52.9	10.38	
Ballast	Mud	17.7	16.97	17.4	16.91	
	Sand	16.8	15.36	24.1	15.33	
	Gravel	15.6	13.50	32.9	13.35	
	Flat rock	13.4	10.26	48.7	10.11	

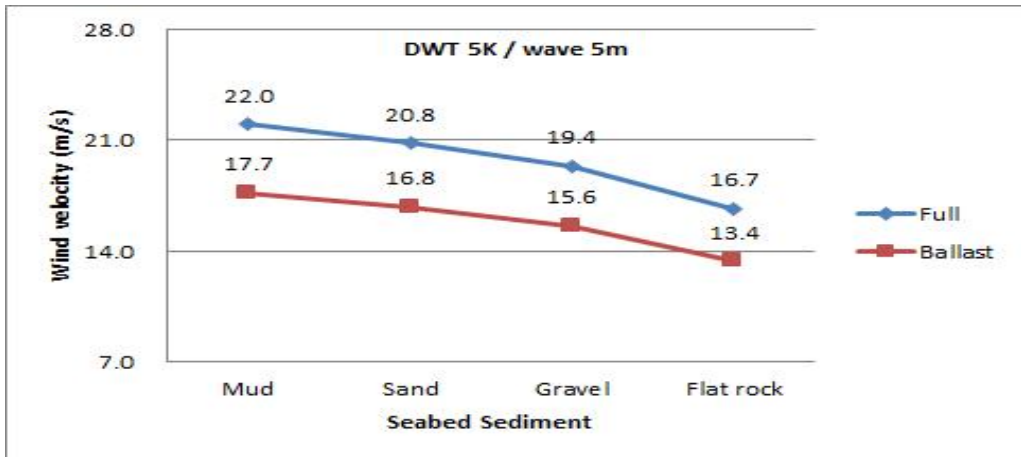


Fig. 25 Critical velocity under DWT 5K / 5m wave condition

(3) 대상선박 G/T 5K(DWT 7천급)

선정된 대상선박 자료를 참고하여 G/T 5K급 선박의 경우 앵커체인을 7사클(s/s) 신출한 조건에서 한계풍속을 산출하였다. 대상선박 G/T 5K톤급(DWT 7천톤급) 선박은 Table. 32에서 보는 바와 같이 Wave=3m이하 조건에서 선박이 경하상태일 경우 해저 저질이 Rock을 제외하고는 풍랑주의보 발효시점에서 파주력이 외력보다 큰 값이 산출되어 풍속이 풍랑주의보 기준 풍속이 14m/s를 넘어서더라도 정박시 안정성을 확보되는 것으로 분석되었다. 그러나, 만재상태에서는 풍랑주의보 발효시점보다 좀 더 높은 풍속(16m/s)에서 Rock일 경우부터 저질이 양호한 차례대로 파주력과 외력이 같아지는 시점에 도래함으로써 풍랑주의보 시점에서는 안전을 확보하는 것으로 판단되며, 만재상태일 경우 저질 상태가 Mud일 때 풍랑경보 기준 풍속인 21m/s에 이르러서 외력과 대항력이 거의 같아지는 것으로 조사되었다.

Table. 32 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT7K/3m wave

Wave = 3m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	21.0	14.61	51.4	14.56	
	Sand	20.1	13.38	57.0	13.36	
	Gravel	18.7	11.65	65.7	11.61	
	Flat rock	16.5	9.16	79.2	9.11	
Ballast	Mud	16.0	14.30	44.9	14.19	
	Sand	15.3	13.08	50.8	13.00	
	Gravel	14.3	11.40	59.3	11.39	
	Flat rock	12.6	8.94	73.6	8.90	

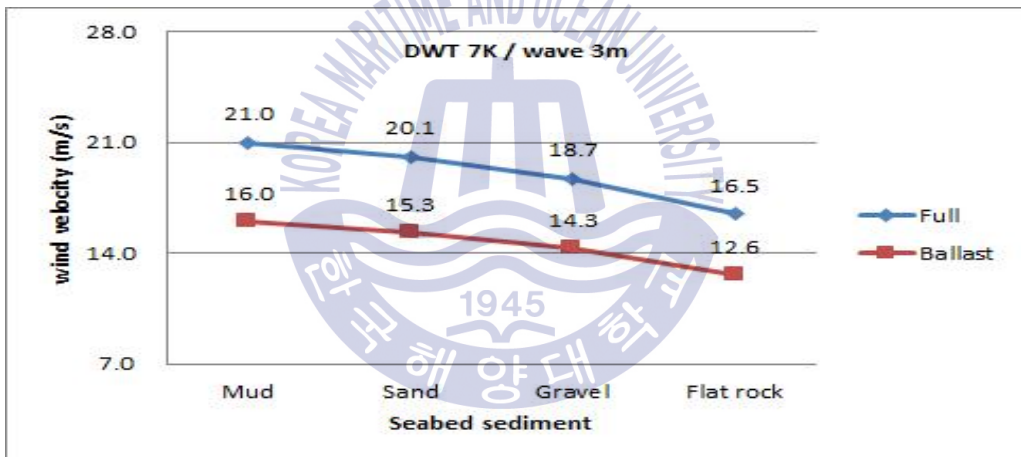


Fig. 26 Critical velocity under DWT 7K / 3m wave condition

그러나, 풍랑경보 발효 조건인 파고 5m 조건에서 한계풍속을 산출 해 보면 만재상태와 경하상태 모두 각 저질에서 풍랑경보 발효 풍속인 21m/s에 못 미쳐 외력이 파주력보다 강하므로 주묘가 예상될 것으로 분석되었다. 때문에 풍랑경보 발효가 예상될 때 대상선박은 피항 조치를 해야 하는 것으로 판단된다.

Table. 33 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT7K/5m wave

Wave = 5m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	20.4	14.63	51.7	14.49	
	Sand	19.5	13.39	57.2	13.33	
	Gravel	18.1	11.65	65.6	11.63	
	Flat rock	15.8	9.16	79.2	9.11	
Ballast	Mud	15.6	14.28	44.6	14.23	
	Sand	14.8	13.10	51.3	12.91	
	Gravel	13.8	11.41	59.5	11.35	
	Flat rock	12.0	8.96	74.0	8.83	

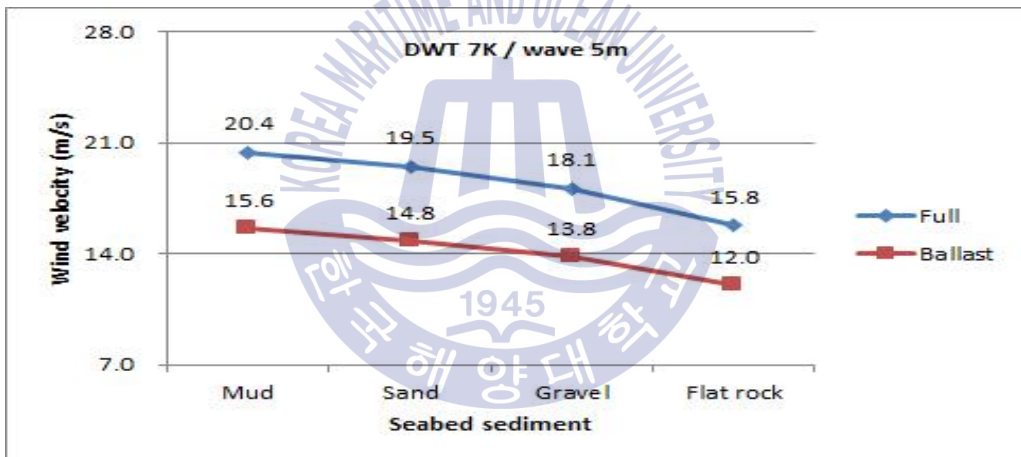


Fig. 27 Critical velocity under DWT 7K / 5m wave condition

(4) 대상선박 G/T 7K(DWT 14천급)

선정된 대상선박 자료를 참고하여 G/T 7K급(DWT 14K급) 선박이 앵커체인을 7샤클 신출한 조건에서 한계풍속을 산출하였다. 대상선박 자료를 참고하여 만재상태에서DWT 14천톤급 선박은 풍랑주의보 발효시 모든 저질에서 풍랑주의보가 발효되는 풍속인 14m/s보다 높은 풍속에서 한계풍속을 형성하는, 파주력이 외력보가 크기 때문에 주요 가능성은 낮게 평가 되었으나, 경하상태에서는 저질이 Gravel과 Rock일 때 풍랑주의보 발효 풍속보다 낮은 단계에서 외력

이 파주력보다 큰 값으로 산출되어 주요 가능성이 높은 것으로 조사되었다.

따라서 풍랑주의보 발효가 예상될 때 경하상태의 선박이 저질이 Gravel과 Rock인 수역에서 정박을 하고 있을 경우 안전조치 강화 혹은 피항을 위한 행동을 해야 할 것으로 판단된다.

Table. 34 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT14K/3m wave

Wave = 3m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	19.8	17.96	38.6	17.84	
	Sand	18.9	16.31	45.1	16.29	
	Gravel	17.6	14.23	54.5	14.17	
	Flat rock	15.3	10.93	71.0	10.79	
Ballast	Mud	15.1	17.54	30.6	17.39	
	Sand	14.4	15.91	37.6	15.84	
	Gravel	13.4	13.94	47.5	13.75	
	Flat rock	11.7	10.65	64.3	10.55	

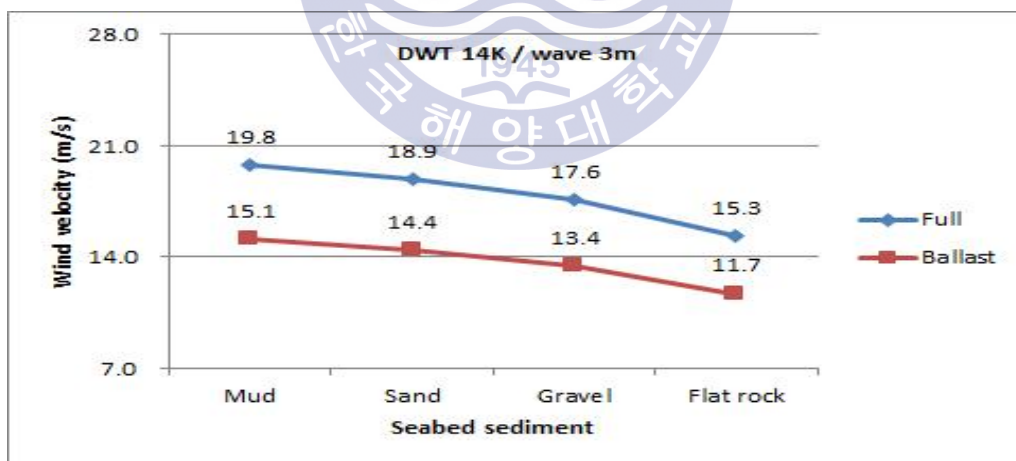


Fig. 28 Critical velocity under DWT 14K / 3m wave condition

그러나, 풍랑경보 시점인 풍속 21m/s, 파고 5m 상황에서는 선박의 만재상태 및 경하상태 모두 모든 저질에서 한계풍속이 풍랑경보 발효 풍속보다 낮은, 외력이 파주력보다 높은 값이 산출되어 대상 선박은 주묘가 될 가능성이 높은 것

으로 평가되었다.

Table. 35 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT14K/5m wave

Wave = 5m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	19.4	17.95	38.5	17.88	
	Sand	18.4	16.33	45.6	16.19	
	Gravel	17.1	14.24	54.7	14.13	
	Flat rock	14.8	10.92	70.7	10.85	
Ballast	Mud	14.8	17.53	30.4	17.44	
	Sand	14.0	15.94	38.2	15.72	
	Gravel	13.1	13.91	46.9	13.88	
	Flat rock	11.3	10.64	64.1	10.59	

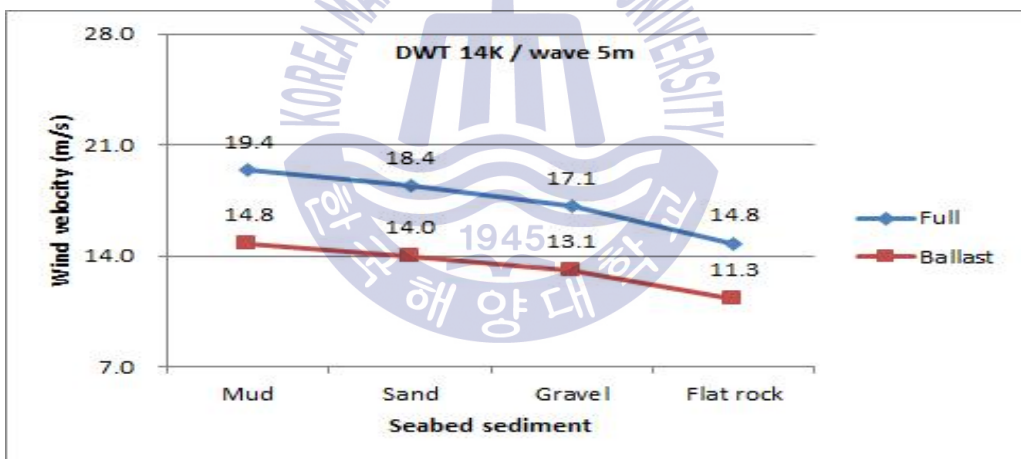


Fig. 29 Critical velocity under DWT 14K / 5m wave condition

(5) 대상선박 G/T 17K(DWT 30천급)

선정된 대상선박 자료를 참고하여 G/T 17K급(DWT 30K급) 선박이 앵커체인을 7샤클 신출한 조건에서 한계풍속을 산출하였다. 대상선박 자료를 참고하여 G/T 17K급(DWT 30K톤급) 선박은 풍랑주의보 발효 시 만재상태에서는 모든 저질에서 파주력이 외력보다 크기 때문에 주요 가능성은 낮게 평가 되었으나, 경하상태에서는 저질이 Gravel과 Rock일 때 외력이 파주력보다 큰 값으로 산

출되어 주요 가능성이 높은 것으로 조사되었다.

Table. 36 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT33K/3m wave

Wave = 3m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	20.5	27.15	38.30	26.96	
	Sand	19.5	24.73	45.3	24.43	
	Gravel	18.2	21.59	54.4	21.34	
	Flat rock	16.0	16.60	69.6	16.58	
Ballast	Mud	15.5	26.41	29.40	26.31	
	Sand	14.7	24.06	37.2	23.70	
	Gravel	13.8	21.03	46.0	20.92	
	Flat rock	12.0	16.18	63.3	15.89	

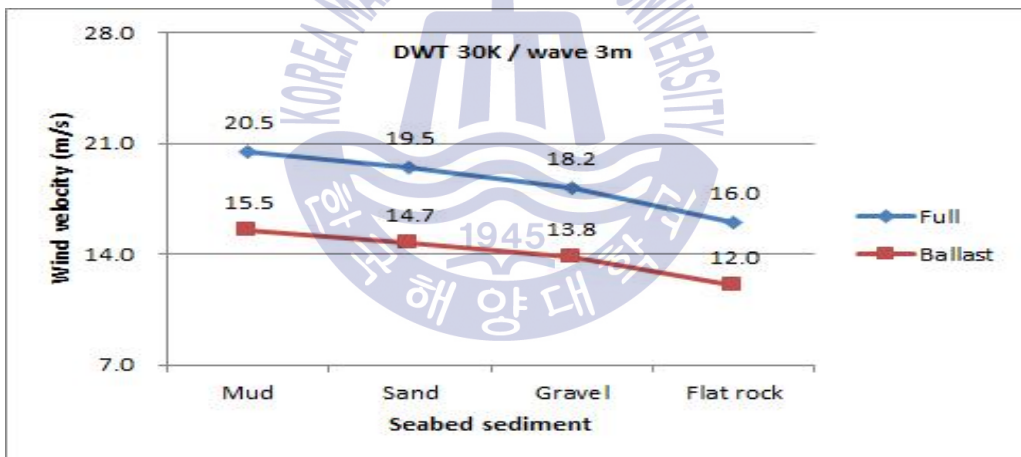


Fig. 30 Critical velocity under DWT 30K / 3m wave condition

그러나, 풍랑경보 시점인 풍속 21m/s, 파고 5m 상황에서는 선박의 만재상태 및 경하상태 모두 모든 저질에서 외력이 파주력보다 높은 값이 산출되어 대상 선박은 주묘가 될 가능성이 높은 것으로 평가되어 풍랑경보 전 안전강화 조치를 취해야 하는 것으로 판단된다. 특히 경하상태 선박은 모든 저질에서 풍랑경보 발효 시점의 풍속보다 낮은 단계에서 이미 주묘 위험이 있는 것으로 평가되었다.

Table. 37 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT33K/5m wave

Wave = 5m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	20.2	27.15	38.4	26.92	
	Sand	19.2	24.73	45.3	24.43	
	Gravel	17.9	21.58	54.2	21.39	
	Flat rock	15.6	16.62	69.9	16.52	
Ballast	Mud	15.3	26.39	29.2	26.38	
	Sand	14.5	24.03	36.9	23.80	
	Gravel	13.5	21.06	46.5	20.77	
	Flat rock	11.8	16.13	62.5	16.11	

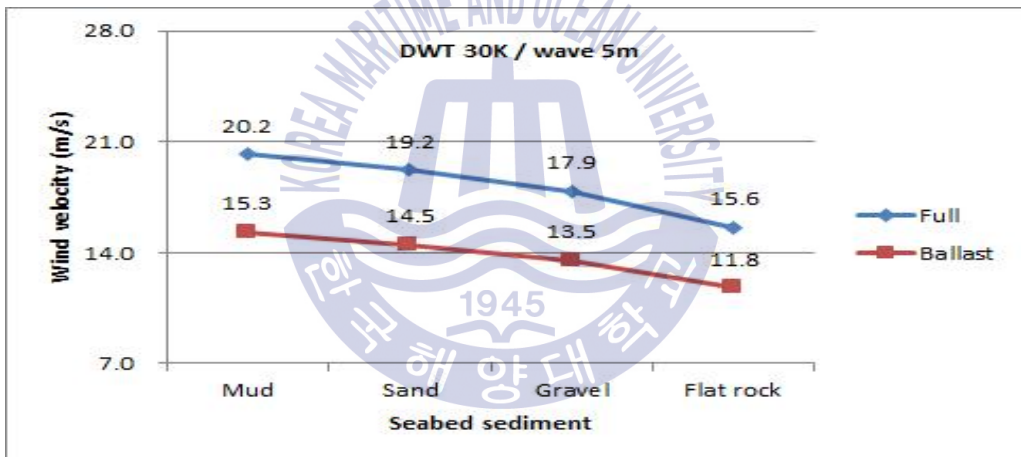


Fig. 31 Critical velocity under DWT 30K / 5m wave condition

(6) 대상선박 G/T 30K(DWT 50천급)

선정된 대상선박 자료를 참고하여 G/T 30K급(DWT 50K급) 선박이 앵커체인을 8샤클 신출한 조건에서 한계풍속을 산출하였다. 대상선박 자료를 참고하여 G/T 30K(DWT 50천톤급) 선박은 풍랑주의보 발효 시 만재상태에서는 모든 저질에서 풍랑주의보 발효 시점의 풍속인 14m/s보다 높은 단계에서 한계 풍속이 형성되고, 이는 파주력이 외력보다 크기 때문에 주요 가능성은 낮게 평가 되었으나, 경하상태에서는 저질이 Gravel과 Rock일 때 외력이 파주력보다 큰 값으

로 산출되어 주요 가능성이 높은 것으로 조사되었다. 따라서 경하상태일 때 저질이 Gravel과 Rock인 수역에 정박한 선박은 풍랑주의보 발효 시점 이전에 대피조치를 취해야 할 것으로 판단된다.

Table. 38 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT50K/3m wave

Wave = 3m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	18.8	36.06	56.60	35.60	
	Sand	18.0	32.95	63.1	32.68	
	Gravel	16.8	28.67	72.8	28.53	
	Flat rock	14.8	22.44	88.9	22.25	
Ballast	Mud	14.8	34.94	45.70	34.80	
	Sand	14.1	31.95	53.4	31.61	
	Gravel	13.2	27.88	63.2	27.75	
	Flat rock	11.6	21.74	80.5	21.51	

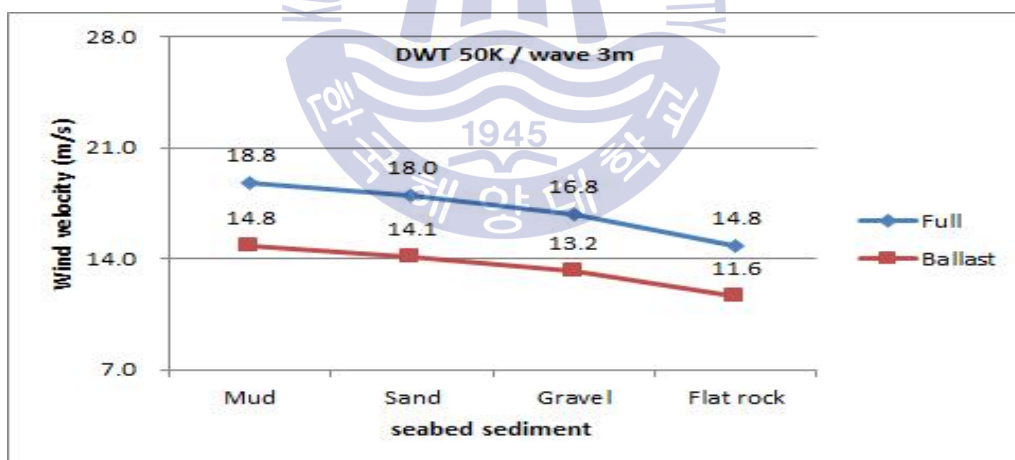


Fig. 32 Critical velocity under DWT 50K / 3m wave condition

그러나, 풍랑경보 시점인 풍속 21m/s, 파고 5m 상황에서는 선박의 모든 상태별, 모든 저질에서 외력이 파주력보다 높은 값이 산출되어 대상 선박은 주묘가 될 가능성이 높은 것으로 평가되었다. 특히 경하상태의 선박은 풍랑주의보 발효 시점의 풍속인 14m/s에 이르기 전에 안전강화 조치 또는 피항을 하는 조

치를 취해야 할 것으로 판단된다.

Table. 39 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT50K/5m wave

Wave = 5m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	18.7	35.98	55.8	35.96	
	Sand	17.8	32.95	63.1	32.70	
	Gravel	16.6	28.66	72.6	28.60	
	Flat rock	14.6	22.41	88.5	22.40	
Ballast	Mud	14.6	34.98	46.1	34.60	
	Sand	13.9	31.99	53.7	31.46	
	Gravel	13.0	27.90	63.4	27.66	
	Flat rock	11.4	21.75	80.4	21.52	

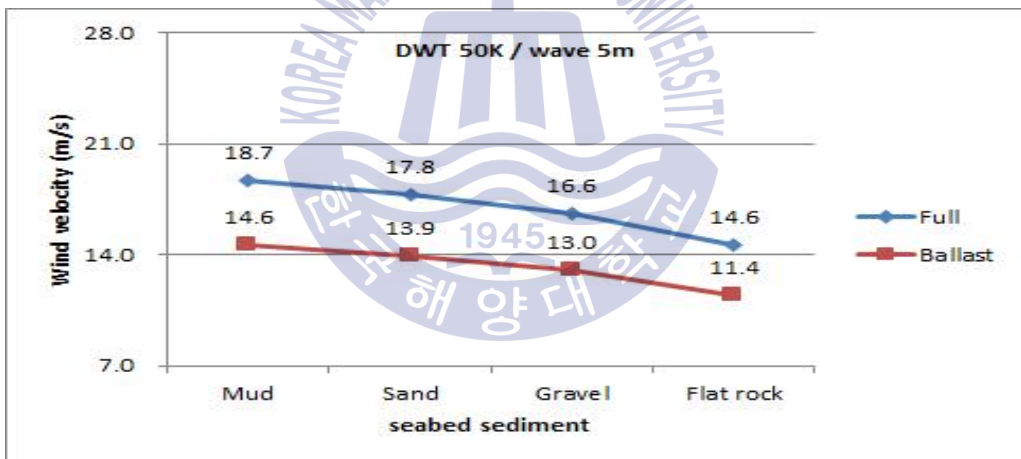


Fig. 33 Critical velocity under DWT 50K / 5m wave condition

(7) 대상선박 G/T 38K(DWT 70천급)

선정된 대상선박 자료를 참고하여 G/T 38K급(DWT 70K급) 선박이 앵커체인을 8샤클 신출한 조건에서 한계풍속을 산출하였다. 대상선박 자료를 참고하여 G/T 38K(DWT 70천톤급) 만재상태에서 선박은 풍랑주의보 발효 시점인

14m/s 풍속 하에서는 모든 저질에서 외력이 파주력보다 큰 값이 산출되어 안정성을 확보하는 것으로 조사되었으나, 경하상태에서는 Mud와 Sand에서는 풍랑주의보 발효시점인 14m/s에서 한계풍속이 형성되는 것으로 분석되었고 저질이 Gravel과 Rock상태에서는 풍랑주의보 이하의 풍속에서 주묘가능성이 있는 것으로 조사되어 주묘에 대비하여 안전조치를 취하거나 피항을 대비해야 할 것으로 판단된다.

Table. 40 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT70K/3m wave

Wave = 3m		Critical velocity (m/s)	holding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remark
Full	Mud	19.8	45.59	55.8	45.42	
	Sand	18.9	41.66	62.8	41.44	
	Gravel	17.6	36.27	72.9	36.01	
	Flat rock	15.5	28.26	89.1	28.06	
Ballast	Mud	14.6	43.91	42.4	43.55	
	Sand	13.9	40.09	50.4	39.51	
	Gravel	13.0	35.02	60.5	34.61	
	Flat rock	11.4	27.19	78.4	26.70	

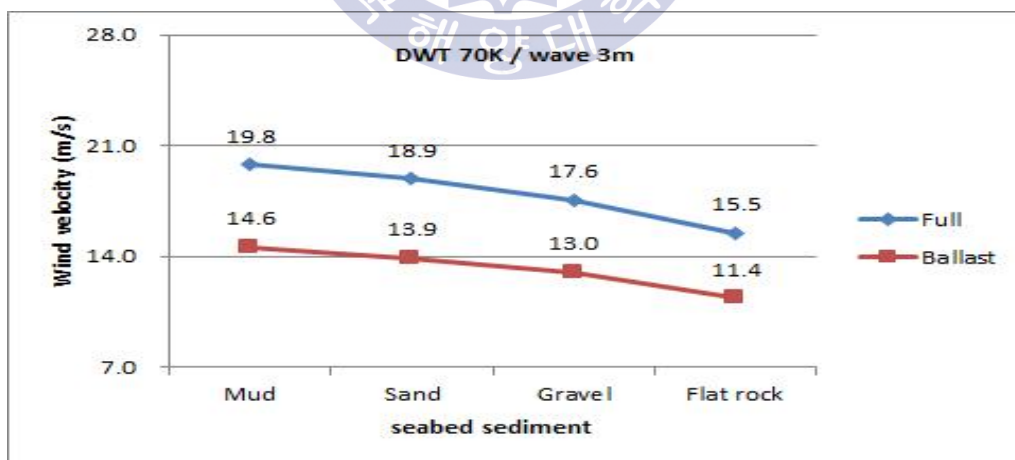


Fig. 34 Critical velocity under DWT 70K / 3m wave condition

풍랑경보 조건하에서 모든 상태별, 저질별에서 외력이 파주력보다 높게 값이

산출되어 주묘가 되는 것으로 분석되었다.

Table. 41 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT70K/5m wave

Wave = 5m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	19.6	45.63	56.1	45.25	
	Sand	18.7	41.69	63.0	41.31	
	Gravel	17.4	36.28	73.0	35.94	
	Flat rock	15.3	28.25	89.0	28.08	
Ballast	Mud	14.5	43.88	42.2	43.69	
	Sand	13.8	40.05	50.0	39.68	
	Gravel	12.9	34.98	60.1	34.82	
	Flat rock	11.3	27.12	77.8	26.98	

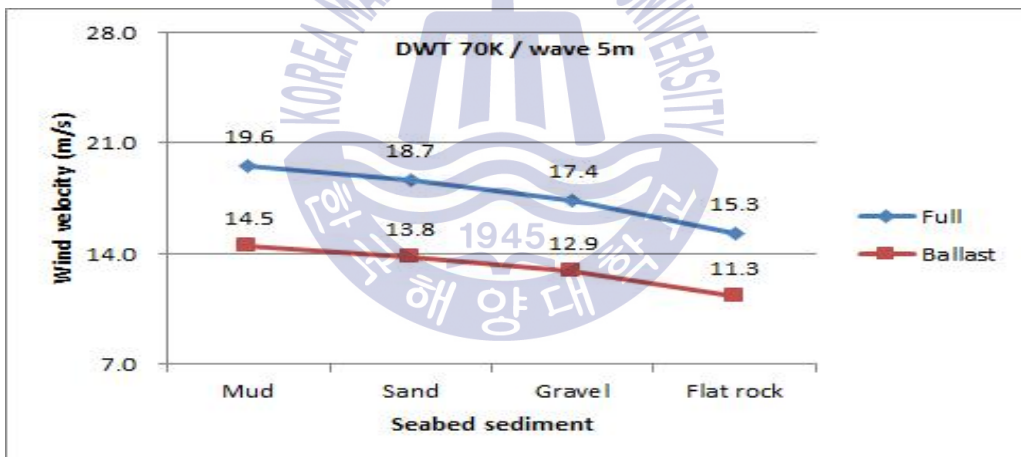


Fig. 35 Critical velocity under DWT 70K / 5m wave condition

(8) 대상선박 G/T 77K(DWT 150천급)

선정된 대상선박 자료를 참고하여 G/T 77K급(DWT 150K급) 선박이 앵커체인을 8샤클 신출한 조건에서 한계풍속을 산출하였다. 대상선박 자료를 참고하여 G/T 77K급(DWT 150천급) 선박은 풍랑주의보 발효 시점의 풍속인 14m/s에서 만재상태에서는 모든 저질상태에서 파주력이 외력보가 크게 산출되어 주묘 가능성은 낮은 것으로 조사되었다. 그러나 경하상태에서는 모든 저질

에서 풍랑주의보 발효 시점에서는 외력이 파주력보다 큰 값이 산출되어 주요 가능성이 높은 것으로 조사되었다. 때문에 해당선박은 풍랑주의보 발효가 예상되는 시점 이전에 안전강화 조치 및 피항에 대비한 조치를 취해야 할 것으로 판단된다.

Table. 42 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT150K/3m wave

Wave = 3m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	19.3	54.05	67.60	53.7	
	Sand	18.5	49.85	73.4	49.39	
	Gravel	17.2	43.34	82.9	42.80	
	Flat rock	15.4	34.71	95.9	34.47	
Ballast	Mud	13.7	51.45	53.10	51.0	
	Sand	13.1	47.41	59.8	46.67	
	Gravel	12.3	41.29	68.6	41.20	
	Flat rock	10.9	33.01	84.0	32.46	

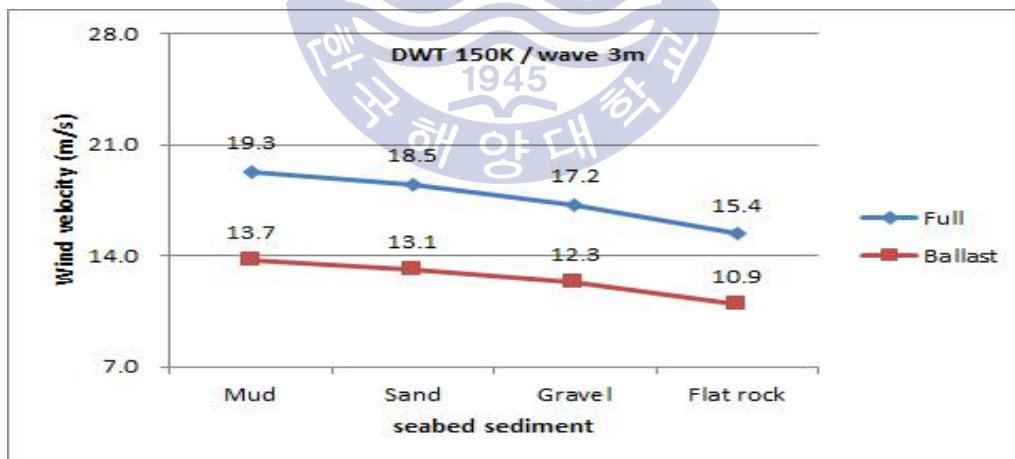


Fig. 36 Critical velocity under DWT 150K / 3m wave condition

그러나, 풍랑경보 조건하에서는 모든 선박상태, 모든 저질상태에서 외력이 파주력보다 높은 값이 산출되어 주요 가능성이 높은 것으로 조사되었다. 특히 경하상태의 조건하에서는 풍랑주의부 발효 풍속 보다 낮은 단계에서 이미 주요

가능성이 있는 것으로 조사되어 피항조치를 해야 할 것으로 판단된다.

Table. 43 Critical velocity, H. power/ext. force under DWT150K/5m wave

Wave = 5m		Critical velocity (m/s)	hoding power(t)	L (m)	Total ex. Force(t)	Remar k
Full	Mud	19.2	54.01	67.3	53.87	
	Sand	18.4	49.80	73.2	49.60	
	Gravel	17.1	43.29	82.6	43.05	
	Flat rock	15.2	34.75	96.2	34.33	
Ballast	Mud	13.6	51.45	53.1	50.99	
	Sand	13.0	47.40	59.7	46.70	
	Gravel	12.2	41.28	68.5	41.27	
	Flat rock	10.8	32.97	83.8	32.61	

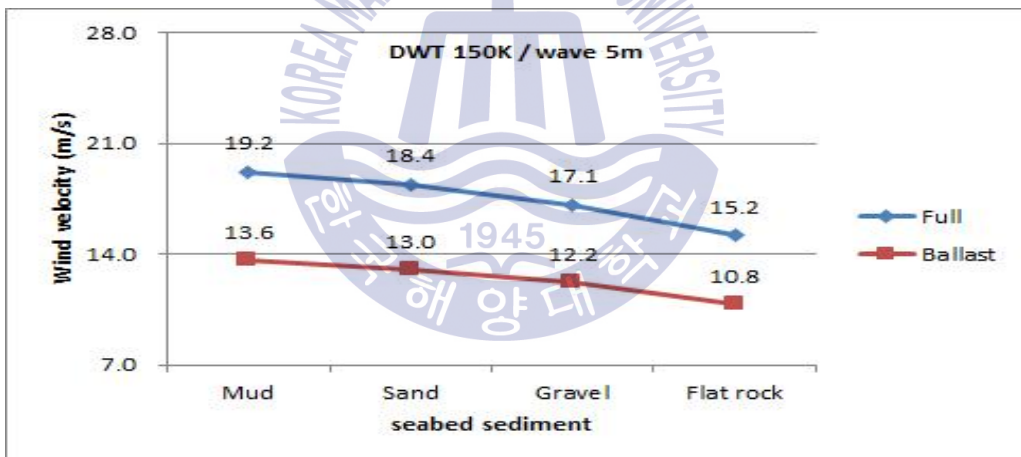


Fig. 37 Critical velocity under DWT 150K / 5m wave condition

제 5 장 사례적용 및 검증

5.1 포항항 사례적용

5.1.1 포항항 정박지 현황

포항항은 외해 개방형 정박지를 갖고 있는 대표적인 동해안 항만으로 선박의 입출항 규모가 동해중부 지역에 위치한 항만보다 크고 지형적인 특성 또한 유사하여 포항항을 사례로 적용하였으며, 포항항은 기존 원정박지 형태에서 집단 정박지 방식으로 개정하여 운영하고 있다. 포항항의 정박구역으로 전체 5개 구역으로 나뉘어져 있으며, 포항항항만시설운영세칙 개정(2014.8.27.)에 의거 개정된 정박지 배치는 아래 그림과 같다.

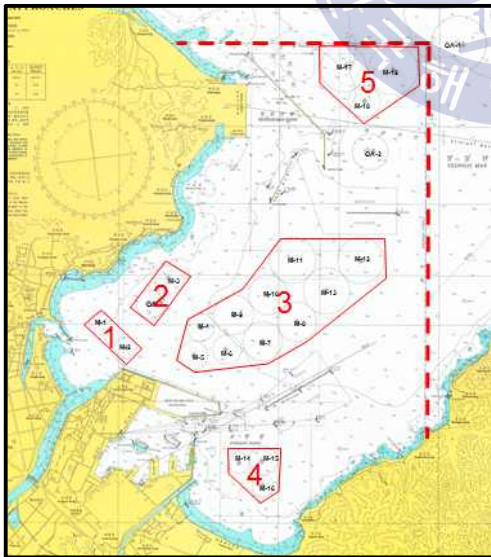


Fig. 38 Anchorage on Pohang port

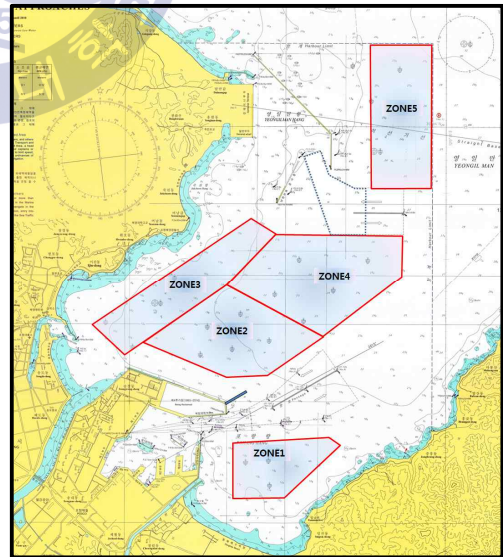


Fig. 39 Planned new Anchorage

1구역 정박지는 포항구항 입구에 위치하고 있으며 수역시설은 M-1, M-2 정박지로 구성되어있다. 그러나 M-2는 포항 신항 방파제와 근접하여 투묘를 할 경우에 북 또는 북동쪽에 오는 외력요소로 인해 위험이 예상되므로 인해 투묘를 하지 않고 있는 실정이다.

2구역 정박지는 영일대 해수욕장 전면에 위치하고 있으며 수역시설은 M-3와 검역 정박지(QA-3)로 구성되어 있고 주로 3,000톤급 미만의 선박들이 정박한 것으로 조사되었다.

3구역 정박지는 영일만에 위치하고 있으며 수역시설은 M-4, M-5, M-6, M-7, M-8, M-9, M-10, M-11, M-12, M-13 정박지로 구성되어 있으며, 이들 중 M-4~M-9 정박지는 주로 10만톤 이하의 선박을, M-10~M13 정박지는 10만톤 이상 선박이 정박할 수 있도록 지정되어 있다. 그러나 통계자료에 따르면 대부분 5천톤급 미만의 선박들이 정박한 것으로 조사되었다.

4구역 정박지는 포항신항 입구에 지정이 되어 있으며, 수역시설은 M-14, M-15, M-16정박지로 구성되어 있으며 아래 도표의 좌표를 잇는 해면이다. 이들 정박지는 포항신항에서 작업선박들의 임시정박지로 주로 이용되고 있다.

5구역 정박지는 영일만항 북방파제 전면해상에 위치하고 있으며 수역시설은 M-17, M-18, M-19 정박지로 구성되어 있으며 정박지 남측에 검역정박지(QA-2)가 지정되어 있으며 5구 정박지 인근에 항계 밖에는 기존의 검역정박지인 QA-1이 지정되어 운영되고 있다.

5.1.2 포항항 운영현황

2014년 2월 1일부터 28일까지 포항해상교통관제센터에 기록된 포항항 정박지를 사용한 선박들의 투묘시간 및 양묘시간 자료를 기초로 하여 각 정박지별로 일일 정박시간을 토대로 통계자료를 검토하였다. 운영현황을 검토한 결과 부두와 근접하거나 수심이 얕거나 해안과 근접하여 사고 위험이 예상되는 정박지는 해상교통관제센터에서 투묘지시를 내리지 않았다. 특히 M-5 정박지와 M-16 정박지, 그리고 영일만항 북방파제 전면 해상에 위치한 M-18 정박지는 조사 기간

동안 선박이 정박하지 않은 것으로 조사되었고, 검역정박지도 포함하여 조사하였다. 정박하는 선박들은 경우에 따라서는 몇일씩 정박한 사례도 있으나 불과 몇 시간 정박한 사례도 있어 이들 정박시간을 평균한 수치를 적용하였다.

Fig. 38은 조사기간 동안 매일 아침 06:00에 정박한 선박들의 위치를 중첩하여 검토해 본 결과, 영일만 중심부에 위치한 정박지에 많은 수의 선박이 투묘한 것과 항계를 벗어나 정박한 사례도 관찰할 수 있었다.



Fig. 40 Record of occupied anchorage during Feb. 2014

2014년 2월 1일부터 28일까지 한 달 동안 일별로 각 정박지별로 선박이 투묘 시각부터 양묘시각까지 조사하여 정박한 시간을 정리하여 보면 다음 Table. 43 ~ Table. 46과 같이 조사되었다.

Table. 44 Record of occupied anchorage from 1st to 7th Feb. 2014

구분	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일
M-1	0	19	23.84	26.07	48	40.89	52.83
M-2	0	0	0	6.22	24	6	0
M-3	58.53	80.76	109.44	130.75	116.41	80.42	82.2
M-4	83.75	92.73	84.18	81.2	66.89	104.17	123.58
M-6	24	24	24	24	24	24	24
M-7	78.25	72	78.92	87.99	76.33	69.92	50.87
M-8	72	79.67	96	96	79.75	72	72
M-9	24	35.92	48	48	48	48	48
M-10	24	24	24	24	24	50.42	60.67
M-11	198.66	244.36	271.23	336.03	304.92	308.16	340.33
M-12	72	90.25	74.67	86.84	88.17	78	96
M-13	53.5	72	68.5	72	68.14	73.5	92.09
M-14	0	0	0	0	0	0	0
M-15	0	0	0	0	3.33	24	0.58
M-17	0	0	0	6.3	65.95	72	44.59
M-19	149.16	197.31	210.98	119.57	134.9	150.42	224.08
QA-1	73.67	48	67.75	72	72	72	69.75
QA-2	60.33	48	48	48	36.83	29.25	24
QA-3	0	0	0	0	0	0	0
일합계	971.85	1128.00	1229.51	1264.97	1281.62	1303.15	1405.57
일평균	51.15	59.37	64.71	66.58	67.45	68.59	73.98
%	213%	247%	270%	277%	281%	286%	308%
일환산	40.5	47.0	51.2	52.7	53.4	54.3	58.6

Table. 45 Record of occupied anchorage from 8th to 14th Feb. 2014

구분	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일
M-1	62.75	24.63	33	24	24	46.12	72
M-2	0	0	0	0	0	0	10.83
M-3	80.33	84.17	72	72	58.75	44.54	48
M-4	132.5	129	120	117.55	115.1	118.35	109.93
M-6	24	24	24	24	24	24	24
M-7	48	53.25	72	72	72.78	72	102.04
M-8	72	66.7	72	72	72	72	56.2
M-9	48	48	48	46.42	45.16	55.75	72
M-10	48	58	72	72	72	65.67	62.78
M-11	353.08	329.12	336	360	354.17	347.58	315.91
M-12	96	93.05	116	120	142.58	146.17	144
M-13	110	83.12	66.11	64	64	56.67	72
M-14	0	0	16	24	24	18.17	0
M-15	0	10.33	24	16.5	7.33	18.5	24
M-17	24	24	24	20.13	0	0	0
M-19	269.67	294.77	326.91	401.34	439.52	512.89	544.83
QA-1	65.67	80.33	96	96	79.33	82.42	96
QA-2	28.17	43.67	48	48	61.88	85.38	111
QA-3	0	23.93	48	48	40.78	24	24
일합계	1462.17	1470.07	1614.02	1697.94	1697.38	1790.21	1889.52
일평균	76.96	77.37	84.95	89.37	89.34	94.22	99.45
%	321%	322%	354%	372%	372%	393%	414%
일환산	60.9	61.3	67.3	70.7	70.7	74.6	78.7

Table. 46 Record of occupied anchorage from 15th to 21st Feb. 2014

구분	15일	16일	17일	18일	19일	20일	21일
M-1	58.42	49	42	48	34	24	34.65
M-2	0	0	2.67	0	0	0	0
M-3	35.33	29.33	55.22	72	74	96	72.53
M-4	110.58	99.67	110.75	79.83	65.08	61	66.5
M-6	24	24	24	24	24	25.67	24
M-7	120	120	125.17	144	131.83	123.37	144
M-8	48	53.67	66.08	78.33	81.5	83.5	79.75
M-9	59.92	48	41.24	24	24	34.42	40.5
M-10	72	72	72	72	72	72	59.58
M-11	264	253.37	286.58	272.83	246	217.83	208
M-12	133.17	105.5	98.58	86.58	72	72	72.33
M-13	79	66.25	73.5	80.17	83.25	71.09	63.83
M-14	16.75	24	24	24	15.83	11.25	5.33
M-15	40.66	48.99	48	41.33	35.08	26.33	12.33
M-17	0	0	17.12	24	24	24	10.43
M-19	455.79	356.91	360.01	396.02	383.53	332.76	260.33
QA-1	96	80.17	94.13	96	72.15	69.42	66.05
QA-2	87.16	55.33	77.92	95.5	67.58	60.96	65.5
QA-3	24	24	24	24	9.42	6.75	24
일합계	1724.78	1510.19	1642.97	1682.59	1515.25	1412.35	1309.64
일평균	90.78	79.48	86.47	88.56	79.75	74.33	68.93
%	378%	331%	360%	369%	332%	310%	287%
일환산	71.9	62.9	68.5	70.1	63.1	58.8	54.6

Table. 47 Record of occupied anchorage from 22nd to 28th Feb. 2014

구분	22일	23일	24일	25일	26일	27일	28일
M-1	54.42	44.23	24	24	24	24	13
M-2	0	0	0	0	0	0	0
M-3	48	39.08	30	25.17	17.58	0	9.83
M-4	74.67	89.22	87.84	89.34	83.92	91.67	72
M-6	24	24	24	24	24	24	18.9
M-7	133.4	103.92	96	72.92	72.42	68.83	63.41
M-8	72	64.87	53.25	55.77	70.9	57.75	24
M-9	41.15	31.15	30.83	40	37	36.3	37.2
M-10	48	59.52	94.92	62.16	50.83	40.17	34
M-11	157.49	163.74	189.41	173.83	163.14	148.5	121.34
M-12	80.95	55.25	27.17	39.75	60.83	72	30.76
M-13	33.42	7.42	21.5	5.83	25.5	48	46.92
M-14	0	0	0	0	17.73	7.66	24
M-15	0	20	10.67	3.75	15.34	8.42	0
M-17	0	0	19.92	30.67	9.75	0	0
M-19	264.2	206.95	192.31	205.28	133.88	132.71	187.7
QA-1	72	74.17	91.5	87.03	77.33	96	69.11
QA-2	77.58	75.4	96	53.27	48	53.67	40.33
QA-3	24	24	24	8.67	0	0	0
일합계	1205.28	1082.92	1113.32	1001.44	932.15	909.68	792.50
일평균	63.44	57.00	58.60	52.71	49.06	47.88	41.71
%	264%	237%	244%	220%	204%	199%	174%
일환산	50.2	45.1	46.4	41.7	38.8	37.9	33.0

2014년 2월 1일부터 2월 28일까지 한 달 동안 정박지별로 이용한 선박의 총 척수는 403척이 정박하였으며, 정박시간은 22개 정박지에 총 약 38,000시간 정박한 것으로 조사되었다. 일평균 점유시간이 하루 24시간을 기준으로 100%를 넘기는 정박지가 다수 있는 것으로 조사되었으며 특히, M-11, M-19 정박지의 경우에는 1,000%가 넘는 것으로 조사되었다.

이는 정박지 한 곳에 매일 10척이 넘는 선박이 정박이 되었다는 것을 의미하는데, 정박지 경계를 넘어서 선박들이 정박한 것으로 판단된다.

아래 Table. 47에서 보는바와 같이 일평균 19개 정박지에서 정박지 별 71.5시간 점유하고 있다는 것은 일일 24시간을 기준으로 볼 때 전체 정박지에 3배 수에 가까운 선박들이 투묘를 하여 정박하고 있다는 것이며 이는 포항항 정박지 수용능력을 넘어서는 것으로 조사되었다. 이 결과로 볼 때 포항항의 경우 항계를 확장하거나 기상악화시를 대비한 임시 정박지를 추가로 지정할 필요가 있는 것으로 판단된다.



Table. 48 Monthly Statistics of each Anchorage

시설	정박척수	정박시간	일평균정박선박	
			시간	척수
M-1	17	994.85	58.5	1.5
M-2	4	49.72	12.4	0.1
M-3	24	1722.37	71.8	2.6
M-4	38	2661	70.0	4.0
M-5	0	0	0.0	0.0
M-6	3	668.57	222.9	1.0
M-7	26	2525.62	97.1	3.8
M-8	15	1939.69	129.3	2.9
M-9	15	1188.96	79.3	1.8
M-10	14	1562.72	111.6	2.3
M-11	57	7265.61	127.5	10.8
M-12	20	2450.6	122.5	3.6
M-13	23	1721.31	74.8	2.6
M-14	6	252.72	42.1	0.4
M-15	12	439.47	36.6	0.7
M-16	0	0	0.0	0.0
M-17	7	440.86	63.0	0.7
M-18	0	0	0.0	0.0
M-19	81	7884.93	97.3	11.7
QA-1	18	2211.98	122.9	3.3
QA-2	20	1674.71	83.7	2.5
QA-3	3	425.55	141.9	0.6
합계	403	38081.24		

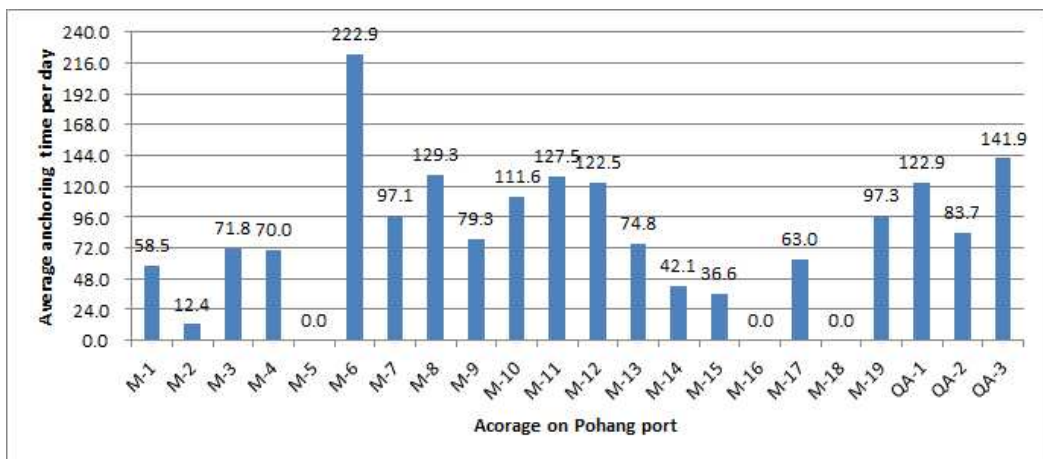


Fig. 41 Average anchoring time per day of each anchorage

정박지별 정박시간 통계를 보면 하루 24시간을 기준으로 볼 때 대부분의 정박지들이 1척 이상의 선박들이 정박한 것으로 조사되었다. 이는 정박지 확장이 필요하다고 판단된다.

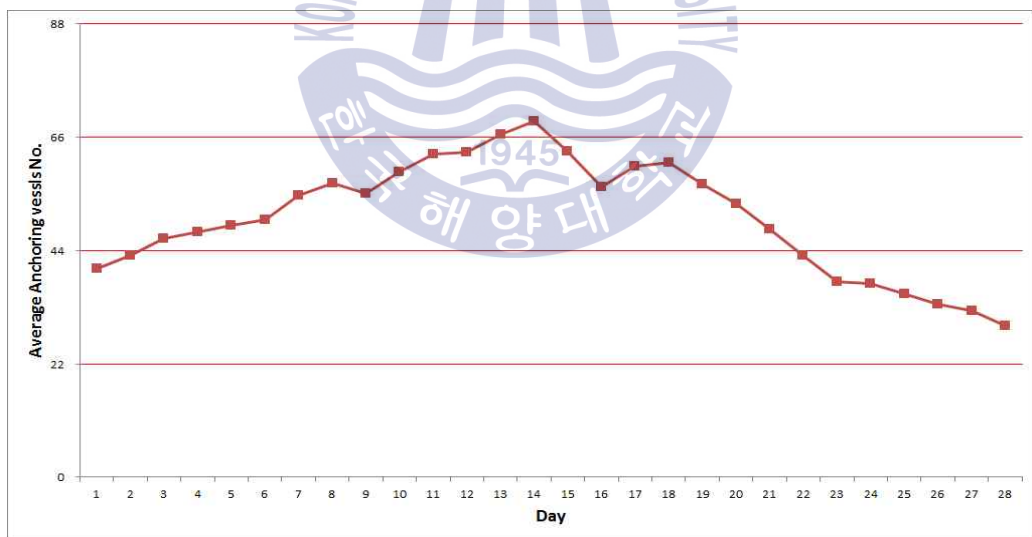


Fig. 42 Average anchoring vessels no. per day

조사기간 동안 일정박척수의 변화를 볼 때 기상악화로 인하여 하역작업 중단으로 인한 선박체선이 정박지의 혼잡도에 영향을 미친 것으로 조사되었다.

5.1.3 정박지 한계풍속 적용

앞서 언급한 정박지 재배치 안을 토대로 작성한 Table. 48은 각 Zone별 수심과 저질을 고려하여 해당 수역에 정박 가능한 선박들의 묘박 안정성 결과를 통해 기준안을 도출하였다. 저질이 두 종류로 혼합된 지역은 상호 비교하여 선박이 갖는 파주력이 열악한 환경으로 적용하였다.

Table. 49 Basic data of each anchorage

Anchorage	Depth(m)	available(DWT)	Seabed	Remark
Zone 1	10~19	3K, 5K	MS	
Zone 2	18~23	3K, 5K, 7K, 14K	MS	
Zone 3	22~26	3K, 5K, 7K, 14K	MS	
Zone 4	12~27	All	MS	
Zone 5	25~30	All	GS	

(1) Zone 1 수역 안전성 검토

포항항 Zone 1 집단정박지는 포항신항 입구 전면해상에 위치해 있고, 수심은 10~19m로 이 수역에 정박 가능한 톤급은 DWT 5천톤급 이하의 선박이 적합하며, 이 수역의 저질은 MS로 조사되어 파주력 계산은 Sand 기준으로 한계풍속을 산출하였다.

그래서 Zone 1 수역은 DWT 5천톤급 미만 선박이 정박했을 때 선박 상태가 만재상태와 경하상태로 구분하고, 풍랑주의보와 풍랑경보 기준 풍속 및 파고를 기준으로 해당선박의 안정성을 평가하였다.

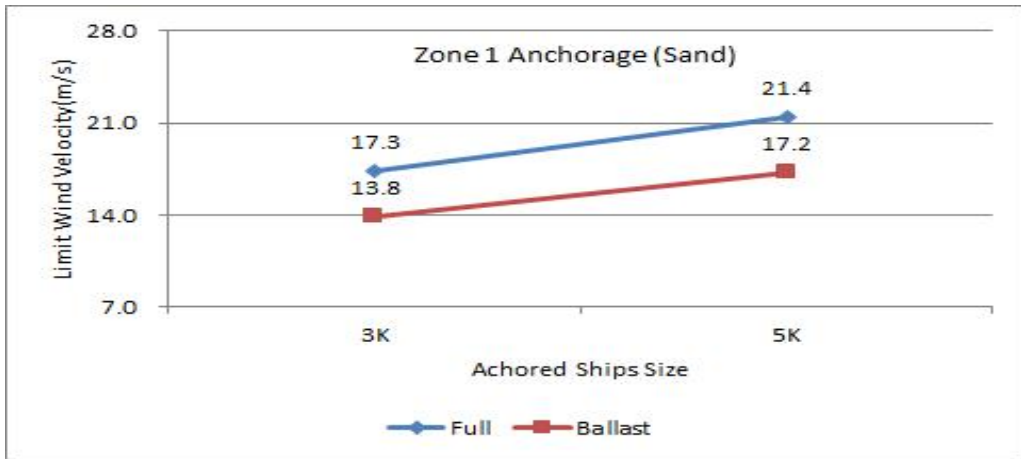


Fig. 43 Critical velocity of available ship's under wave 3m on Zone 1

Zone 1 정박지의 경우 풍랑주의보 시점에서 DWT 3천톤급 선박은 만재상태에서는 파주력의 여유가 있으나, 경하상태에서는 한계에 도달한 것으로 평가되어 경하상태 선박은 풍랑주의보 발효 시 안전조치를 취해야 한다. DWT 5천톤급 선박은 풍랑주의보 발효시 파주력에 여유가 있는 것으로 조사되었다.

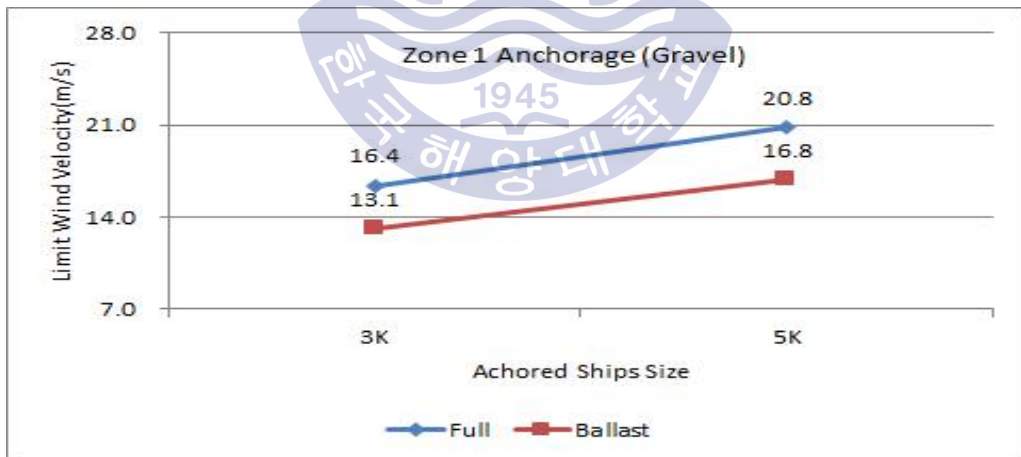


Fig. 44 Critical velocity of available ship's under wave 5m on Zone 1

풍랑경보 조건하에서는 DWT 3천톤급 선박의 한계풍속은 풍랑경보 풍속에 미치지 못하므로 주묘가 된다는 것을 의미한다. DWT 3천톤급 선박은 풍속이 16m/s에 도달하게 되면 주묘 위험이 있으므로 신속한 대처가 필요하고 경하상

태일 경우에는 풍랑주의보 발효 이전에 이미 안전조치가 이루어져야 한다. DWT 5천톤급 선박의 경우 만재상태에서는 풍랑경보 발효 시점이 되기전에 안전조치가 필요하고 경하상태의 경우 16.8m/s에서 이미 주요 발생 가능성이 있으므로 해당선박은 한계풍속 이전에 엔진사용준비등 피항에 필요한 준비를 해야 할 것으로 판단된다.

(2) Zone 2 수역 안전성 검토

포항항 Zone 2 집단정박지는 포항신항에 인접해 있고 수심은 18~23m로 이 수역에 정박 가능한 톤급은 DWT 만톤급 이하의 선박이 적합하며, 이 수역의 저질은 MS로 조사되어 파주력 계산은 Sand 기준으로 한계풍속을 산출하였다.

Zone 2 수역은 DWT 만톤급 미만 선박이 정박했을 때 선박 상태가 만재상태와 경하상태로 구분하고, 풍랑주의보와 풍랑경보 기준 풍속 및 파고를 기준으로 해당선박의 안정성을 평가하였다.

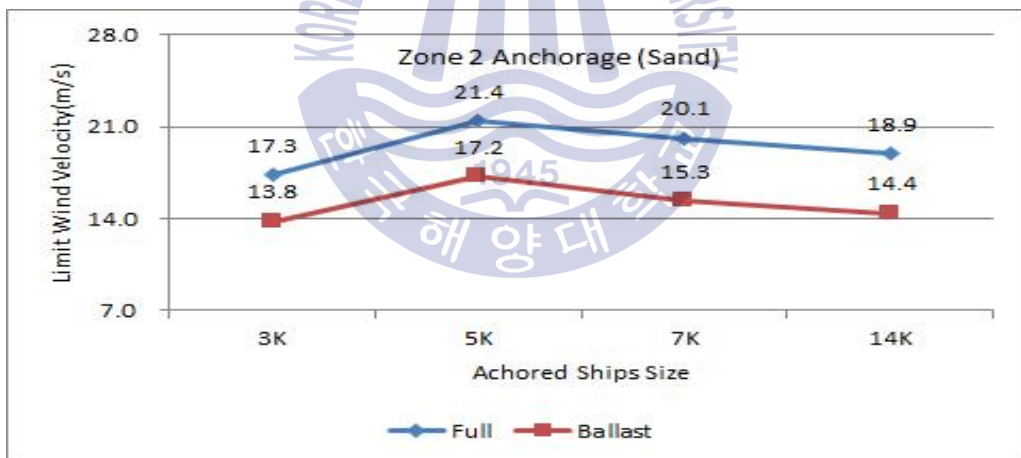


Fig. 45 Critical velocity of available ship's under wave 3m on Zone 2

DWT 3천톤급, 5천톤급 선박은 Zone 1의 평가와 동일하여 추가되는 DWT 7천톤급 및 만톤급 선박에 대해서 언급한다.

풍랑주의보 시점에서 DWT 7천톤급, 만톤급 선박은 만재상태와 경하상태 모두 파주력의 여유가 있으나 경하상태에서는 만톤급 선박은 한계풍속이 풍랑주

의 발효되는 풍속에 도달하게 되어 주요 가능성이 있으므로 안전조치를 취한 준비를 해야 한다.

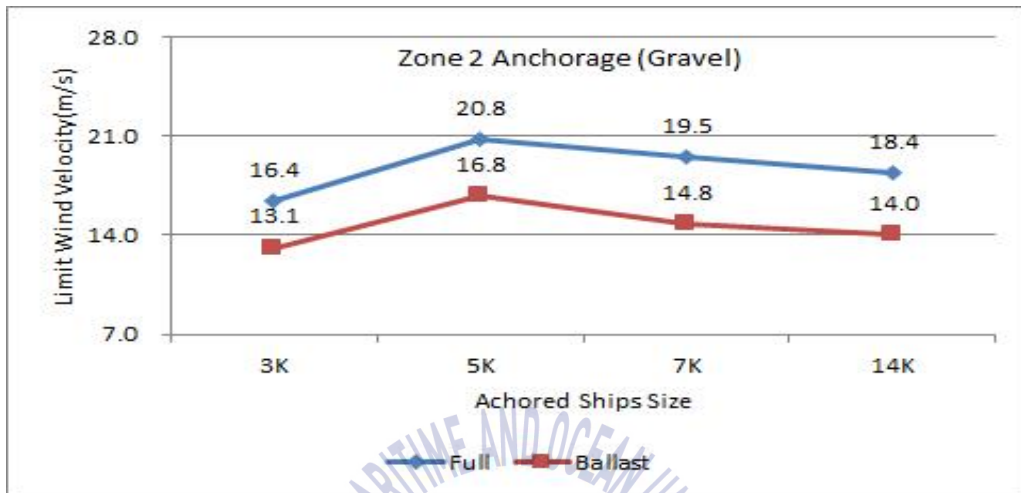


Fig. 46 Critical velocity of available ship's under wave 5m on Zone 2

풍랑정보 조건하에서는 DWT 7천톤급 및 만톤급 선박의 만재상태와 경하상태 한계풍속이 모두 풍랑주의보의 한계풍속에 미치지 못하므로 주요가 된다는 것을 의미한다. DWT 7천톤급 및 만톤급 선박은 풍랑주의보 풍속 이후에는 경하상태 선박부터 안전조치를 취할 수 있도록 하고, 그 이후 만재선박의 안전조치가 이루어져야 한다.

(3) Zone 3 수역 안전성 검토

포항항 Zone 3 집단정박지는 영일대 해수욕장 전면 해상에 위치해 있고 수심은 22~26m이다. Zone 3 수역은 대상선박 모두를 검토하였으며, 이 수역의 저질은 MS로 조사되어 파주력 계산은 Sand 기준으로 한계풍속을 산출하였다.

그래서 Zone 3 수역은 모든 대상 선박이 정박했을 때 선박 상태가 만재상태와 경하상태로 구분하고, 풍랑주의보와 풍랑정보 기준 풍속 및 파고를 기준으로 해당선박의 안정성을 평가하였다.

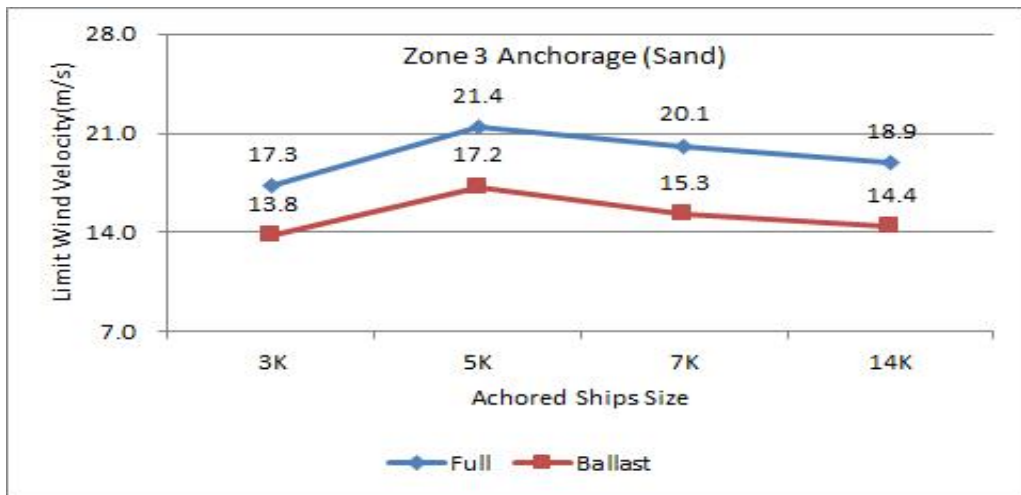


Fig. 47 Critical velocity of available ship's under wave 3m on Zone 3

DWT 만톤급 이하 선박은 Zone 2의 평가와 동일하여 추가되는 DWT 3만톤급 이상 선박에 대해서 언급한다.

풍랑주의보 시점에서 DWT 3만톤급이상의 선박은 파주력의 여유가 있으나 경하상태에서는 DWT 3만톤급, 5만톤급은 선박의 한계풍속에 도달하여 조치가 필요한 단계이고, DWT 7만톤급, 15만톤급 선박은 한계풍속이 풍랑주의보 풍속에 미치지 못하므로 주묘가 발생하는 것으로 판단되어 풍랑주의보 발효 이전에 안전조치를 취해야 한다.

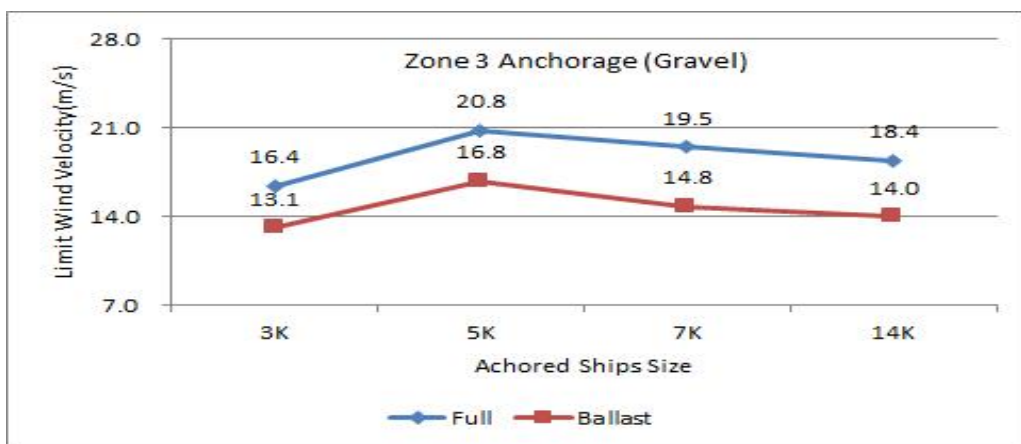


Fig. 48 Critical velocity of available ship's under wave 5m on Zone 3

풍랑경보 조건하에서는 DWT 3만톤급 이상의 선박 모두가 한계풍속이 풍랑경보 풍속에 미치지 못하므로 안전조치가 필요한 것으로 평가되었다. 풍랑주의보 풍속에 도달할 경우 경하상태 대상선박들은 안전강화 조치를 취해야 하며 그 이후 풍랑경보 풍속에 도달하기 전에 만재상태 선박들의 안전조치를 취해야 한다.

(4) Zone 4 수역 안전성 검토

포항항 Zone 4 집단정박지는 포항 신항 입구 도구해수욕장 전면해상에 위치해 있고 수심은 12~27m이다. 정박통계조사에서는 영일만 내부에 있는 정박지에는 대부분 DWT 만톤급 이하의 선박들이 정박하였으나 포항 신항을 입출항하는 원료선의 정박 수역도 필요하므로 Zone 4 수역은 대상선박 전체를 대상으로 검토하였으며, 이 수역의 저질은 MS로 조사되었고 파주력 계산은 Sand 기준으로 한계풍속을 산출하였다.

그래서 Zone 4 수역은 모든 대상 선박이 정박했을 때 선박 상태가 만재상태와 경하상태로 구분하고, 풍랑주의보와 풍랑경보 기준 풍속 및 파고를 기준으로 해당선박의 안정성을 평가하였다.

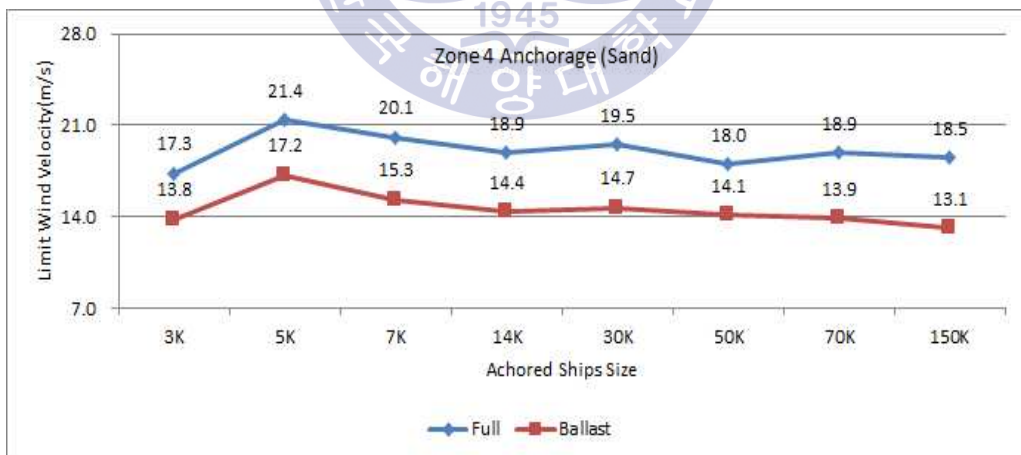


Fig. 49 Critical velocity of available ship's under wave 3m on Zone 4

만톤급 이하의 대상선박은 Zone 3의 평가와 동일하며, 3만톤급 이상의 선박은 풍랑주의보 시점에서 DWT 3천톤급, DWT 70천톤급, 150톤급 선박은 경하

상태에서 주묘가 될 가능성이 있는 것으로 조사되어 안전조치를 취할 준비를 해야하는 것으로 조사되었고, 만재상태의 선박들은 풍속이 18m/s에 이르기까지 파주력의 여유가 있는 것으로 조사되었다.

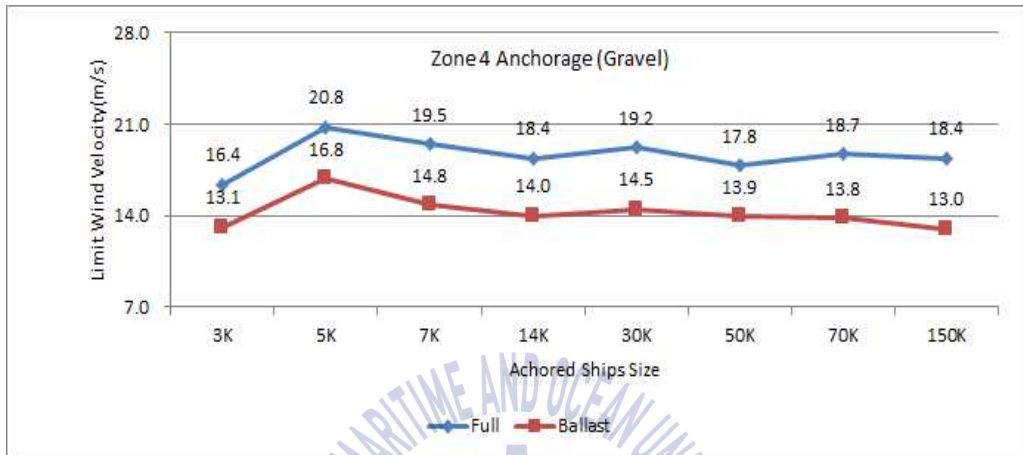


Fig. 50 Critical velocity of available ship's under wave 5m on Zone 4

풍랑경보 조건하에서는 경하상태의 DWT 3천톤급과 DWT5만톤급 이상의 선박들은 풍랑주의보 발효 풍속인 14m/s일 때 이미 주묘 가능성이 있으므로 안전조치를 취해야하고 대상선박들의 만재상태에서는 모두 풍랑경보 기준풍속에 도달하기 전에 주묘의 가능성이 있으므로 풍랑경보 발효전에 안전조치를 취해야 한다.

(5) Zone 5 수역 안전성 검토

포항항 Zone 3 집단정박지는 영일만항 북방파제 전면해상에 위치해 있고 수심은 25~30m이다. 정박통계조사에서는 영일만 내부에 있는 정박지에는 대부분 DWT 만톤급 이하의 선박들이 정박하였으나 포항 신항을 입출항 하는 원료선의 정박 수역도 필요하므로 Zone 5 수역은 대상선박 모두를 검토하였으며, 이 수역의 저질은 GS로 조사되어 파주력 계산은 Gravel 기준으로 한계풍속을 산출하였다.

그래서 Zone 5 수역은 모든 대상 선박이 정박했을 때 선박 상태가 만재상태와 경하상태로 구분하고, 풍랑주의보와 풍랑경보 기준 풍속 및 파고를 기준으

로 해당선박의 안정성을 평가하였다.

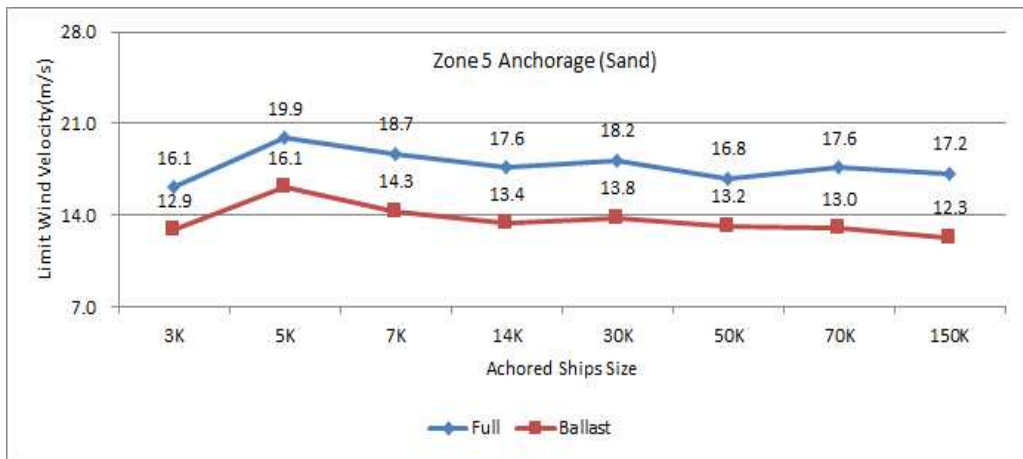


Fig. 51 Critical velocity of available ship's under wave 3m on Zone 5

풍랑주의보 조건하에서 대상선박들의 만재상태에서 평가는 파주력의 여유가 있는 것으로 조사되었으며, 경하상태에서는 DWT 5천톤급, 7천톤급 선박을 제외하고 풍랑주의보 기준 풍속인 14m/s 이하에서 한계풍속이 도출되어 풍랑주의보 발효 전에 안전조치 강화 및 피항 준비를 해야 되는 것으로 조사되었다.

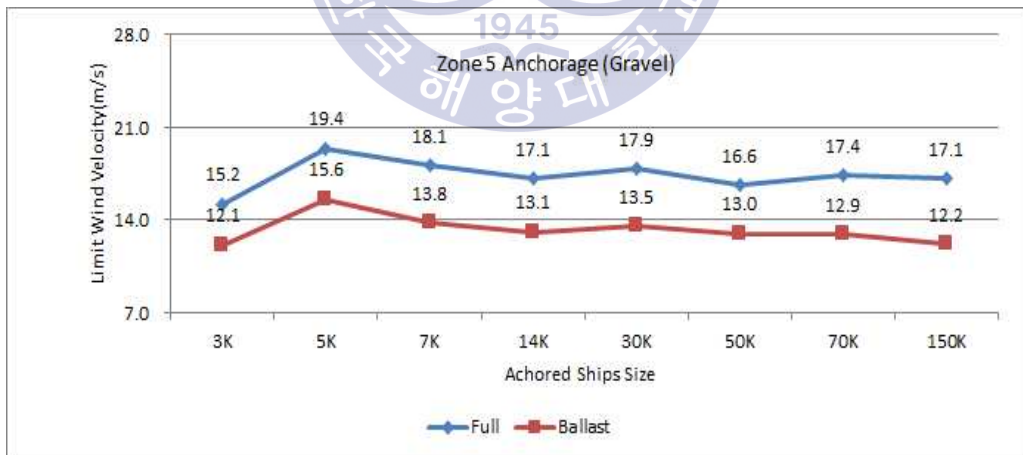


Fig. 52 Critical velocity of available ship's under wave 5m on Zone 5

풍랑경보 조건하에서는 경하상태에서 DWT 5천톤급 선박을 제외한 나머지 선박들은 풍랑주의보 한계풍속인 14m/s이하에서 이미 주요 가능성이 있는 것

으로 조사되어 풍랑주의보 발효 시점 이전부터 안전강화 조치를 취해야하며 만재 선박들은 파주력의 여유가 있는 것으로 조사되었다.

5.2 정박지 안전시스템 검증

포항항 정박지는 구룡반도에 의해 일부 보호되는 수역과 외해에 접한 정박지를 동시에 갖고 있는 지형적인 특성을 갖추고 있으며, 개항질서법과 해사안전법에 의거하여 항만시설 운영세칙과 선박교통안전을 도모하기 위한 해상교통관제운영규정을 고시 운영하고 있으며, 입출항 선박의 해양사고 예방과 항만이용효율 제고 및 해양사고 발생 시 신속, 체계적으로 대응하고, 항만이용자에 대한 양질의 관제서비스 제공 목적의 운영매뉴얼을 제정하여 운영하고 있고, 또한 개항질서법 및 도선법 등에서 항만 안전을 위해 규정한 내용을 포항항의 지리환경 특성을 고려하여 규정한 포항항 선박안전운항관리규정을 제정하여 운영 중이다.

앞서 도출된 선박 상태별 한계풍속을 바탕으로 안전조치 강화 순서를 정리해 보았다. 정박선박 안전시스템은 포항항 정박지의 지형적인 특성과 안전관리를 위한 법규가 운영되고 있는 상황에서 포항항 정박지를 이용하는 선박들의 크기별로 외력에 대한 안전조치 단계를 구분하였다.

풍랑주의보가 발효되는 풍속 14m/s에서 경하상태의 선박들 대부분은 안전조치 강화를 해야 하며, 만재상태 선박은 풍속이 18m/s에서 안전조치 및 주묘가 발생될 경우 해양사고 방지를 위해 본선은 양묘하여 재투묘 혹은 피항 조치를 취해야 한다.

Table. 49는 대표적인 외해 개방형 정박지인 포항항 정박지에 투묘하는 선박들의 크기별로 안전조치를 취하는 순서를 앞장에서 설명한 한계풍속을 토대로 풍속별로 구분하였다.

투묘중인 선박이 받는 외력요소 중 가장 큰 영향을 받는 풍압력을 기준으로 안전조치의 순서를 선정하여 보았을 때 선박이 경하상태일 때가 만재상태의 선박보다 외력의 영향을 더 크게 받는 것으로 조사되었고, 풍랑주의보 발효 시점

인 풍속 14m/s에서 경하선박의 파주력의 한계상황에 도달하게 되므로 해당선박은 안전조치를 취할 수 있도록 하고 만재선박의 경우 풍속 18m/s 시점에서 파주력의 한계상황에 대체적으로 도달하게 되므로 안전조치를 취해야 할 것으로 판단된다.

Table. 50 Procedure on Safety System for Anchored vessel

velocity	Target ship's	Remark
20m/s	DWT 5K(Full), DWT 7K(Full),	
19m/s	DWT 30K(Full),	
18m/s	DWT 14K(Full), DWT 50K(Full), DWT 70K(Full), DWT 150K(Full)	
17m/s	DWT 3K(Full), DWT 5K(Ballast),	
15m/s	DWT 7K(Ballast),	
14m/s	DWT 14K(Ballast), DWT 30K(Ballast), DWT 50K(Ballast),	풍랑주의보
13m/s	DWT 3K(Ballast), DWT 70K(Ballast), DWT 150K(Ballast)	

상기 Table의 한계풍속은 포항항 뿐만 아니라 외해 개방형 정박지에 공통적으로 적용할 수 있으나, 조류가 심한 수역이나 기타 정박지의 특성으로 인해 계산의 결과값이 변경될 수 있으며, 대상선박과 비교하여 선박의 형태나 크기에 따라 차이가 있을 수 있으므로 향후 더 많은 모델 선박의 계산을 통하여 선형별로 기준 한계풍속을 세밀하게 연구할 필요가 있는 것으로 판단된다.

제 6 장 결론

해안선이 단조로운 우리나라 동해안에 위치한 무역항 8개소의 정박지는 외해와 접해 있기 때문에 선박이 정박할 경우 외력의 직접적인 영향을 받는 공통적인 특성을 가지며, 기상악화 시 정박선박의 안정성이 떨어지고 해저경사가 심하여 정박지로 이용할 수 있는 해역이 좁고 외해개방형 정박지의 지형적인 특성을 가지고 있으며, 이들 중 포항항 정박지이용실태 사례를 통하여 선박 크기별로 대표적인 선박 8척을 대상으로 풍랑주의보 및 풍랑경보 조건하에서 선박의 만재상태 및 경하상태에서 대상선박의 외력에 대한 대항력과 바람, 파랑, 조류로 인한 외력을 산출한 결과를 평형방정식으로 평가했고, 한계풍속을 제시하여 정박지 안전 확보 및 운영효율 향상을 위한 기준으로 제시하였다.

본 연구결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

(1) 항만별로 지정 고시하여 운영하고 있는 정박지의 형태로 외력의 영향을 감쇄할 수 있는 요인이 있는지 여부를 근거로 항내정박지(In-Harbour anchorage), 부분폐쇄형 정박지(Semi-Close anchorage), 외해 개방형 정박지(Open-Sea anchorage)로 구분하여 정박지 개념을 정리하였고,

(2) 정박선박이 받을 수 있는 기상 외력요소와 정박지의 저질 및 수심에 대한 검토를 통하여 정박지의 안전을 확보할 수 있는 요소들을 선박 정박 안전성 평가할 수 있는 평형방정식에 반영하였다. 또한 대상선박이 갖는 대항력과 외력을 비교하는 평형방정식을 통해 선박상태에 따른 저질별 한계풍속으로 정박 안전시스템으로 적용하였다.

(3) 동해안의 대표적인 항만으로 포항항 정박지를 조사하였고, 최근 기상악화로 발생한 해양사고의 기상조건 분석 및 해저저질 조사를 기반으로 포항항 정

박지를 이용하는 선박을 크기별로 구분하여 대표선박 8척을 선정하였으며, 해당선박의 파주력 계산에 필요한 자료를 수집 분석하여 단묘박 상태에서 기상조건을 삽입하여 선박 정박 안전성을 계산하였고, 조사된 선박의 기초자료를 토대로 만재상태와 경하상태에서의 외력을 구하여 평형방정식에서 대상선박별 저질별 한계풍속을 도출하였다.

(4) 대상 선박들의 단묘박 상태에서의 한계풍속에 대한 조사 결과 선박의 종류, 크기 및 적재상태에 따라 다소 차이는 있으나, 대표선박의 만재상태에서 파고 3m 조건하, Mud 저질에서의 한계풍속은 17~22m/s, Sand 저질에서의 한계풍속은 16.4~21.4m/s, Gravel 저질에서의 한계풍속은 15.2~19.3m/s, Flat rock 저질에서는 13.6~17.3m/s로 산출되어 풍랑주의보 시점에서는 파주력이 외력보다 큰 것으로 조사되었다. 경하상태에서는 Mud, Sand, Gravel, Flat rock 저질별로 12.6~18.1m/s, 12.1~17.2, 11.2~16.1, 10.0~14.0m/s로 조사되어 대부분 풍랑주의보 기상조건인 풍속 14m/s에 미치지 못하거나 그 이하에서 외력의 크기가 파주력 크기를 앞서는 것으로 조사 되어 만재상태보다 경하상태의 선박이 외력에 더 취약한 것으로 조사되었다.

(5) 포항항의 통계조사의 의하여 기상악화시 정박지가 과밀되는 현상을 완화하기 위하여 정박지 확충이 필요하고, 기존 3개소로 운영되던 검역정박지를 항계 밖 QA-1 검역정박지로 통합하여 운영하고 나머지 2개소 검역정박지는 일반정박지와 통합하여 정박수역을 확충하는 안을 제시하였고, 영일만항 초입에 설치되어 있는 부표를 서쪽으로 0.5마일 이동시켜 기상악화 시 임시정박지로 활용할 수 있도록 부이 이설 및 항로 축소하는 안을 제시하였다.

(6) 포항항 정박지 이용선박들의 자료는 기존 M-11, M-19 정박지의 경우 일평균 정박척수가 10척이 넘어 정박구역을 벗어나 투묘를 한 것으로 조사되어 정박지 관리기관에서 안전 확보와 함께 부족한 정박지를 확충하여 효율적인 운영을 위한 개선방안으로 기존 원 정박지에서 집단정박지 형태로 개선안을 제시하였다. 개선안 적용결과 수역면적 측면에서는 약 2배, 수용능력 측면에서는 약 2.5배가 개선되었음을 확인하였다.

정박선박 안전시스템은 외해 개방형 정박지를 지정하여 운영하고 있는 포항항을 사례로 연구 하였으나 유사한 환경의 정박지를 가진 항만에서는 유용하게 활용할 수 있을 것으로 사료되며, 항만에 따라 입출항하는 선박의 종류가 다양하기 때문에 항만의 특성을 고려한 대상선박의 선정이 달라 질 수 있기 때문에 그리고, 정박 안전성 계산에 필요한 외적 요소가 다른 항만에서 이를 고려한 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

본 논문은 전반적으로 정박하는 선박의 안전 확보와 기상악화에 따른 해양사고 예방, 효율적인 정박지 운영을 위해 선박의 상태별, 정박지 저질별 한계풍속의 기준을 제시하였으며 관계기관에서 활용할 수 있는 좋은 지침이 될 수 있다고 판단된다.



참고문헌

- [1] Fujiwara(1998), "The Estimation of Wind Force and Moments Acting on Ships", The Society of Naval Architecture of Japan, No. 183, pp77-90
- [2] Hirano(1995), "The Application of Maneuvering Study to Ship's Design", The Society of Naval Architecture of Japan, pp.48-50
- [3] Kim, S. S(2006), "Studies on Marine Accident Prevention plan against dragging anchor", Journal of Korea Marine Officers' Association, pp8-11
- [4] Korea Hydrographic and Oceanographic Administration(2013), East Coast of Korea Pilot 2013
- [5] Korea Maritime Safety Tribunal, Maritime Safety Referee Casebook, 2004-2013
- [6] Korea Register(2013), "Rules/Guidance for the Classification of Steel Ships, Part 4 Hull Equipment"
- [7] Ministry of Oceans and Fisheries(2013), Report for Improvement Propriety Research against Swell and General Planning in Pohang New Port
- [8] Ministry of Oceans and Fisheries, Report for Research on the Actual Condition and Improvement on Pohang Anchorage Management 2014
- [9] Lee, S. W(1994), Journal of Korea Ports Area,
- [10] Lee, Y. C(2013), Maritime Transport Methodology,
- [11] Pohang Vessel Traffic Service Center, Report for dragging anchor accident 2009-2013

- [12] Remery(1973) "The Mean Wave and Current Forces of Offshore Structures and their Role in the Design of Mooring Systems", The 5th Offshore Technology conference, Houston, USA, pp57-61
- [13] Yoon. J. D(2013), Theory and executive ability of Ship Handling 2013 Edition, Se-jong Publisher, pp 1-15
- [14] KR(2014), Rules/Guidance for the Classification of Steel ships, part 4 Hull Equipment
- [15] Lim. B. T etc. "A Study on Theoretical Consideration to the Holding Power and Holding power Coefficient of War Ship Anchor", Journal of Navigation and Port Research Vol.39, No.1 pp 1-6
- [16] Yun. G. H "A Study on the Revision of Regulations for Effective Operation of Anchorage" Journal of Navigation and Port Research Vol.20, No.4 pp 398-404
- [17] Minister of Land, Transport and Maritime Affairs, "Ports of Korea 2012"
- [18] Im. N. K, Kim. C. S, Yang. H. S, Lee. K. W "A Study on Design of Emergency Anchorage at Adjacent Water of Wan-do Port" Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol 14, No.1 pp 65-69
- [19] Lee. Y. S, Jung. Y. C, Kim. S. W, Yun. J. H. "A Study on the Limit of Anchor Dragging for Ship at Anchor(I)" Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol 29, No. 5, pp 357-363
- [20] Korea Meteorological Administration, Annual Climatological Report 2012.
- [21] Lee. Y. S, Kim. J. S, Park. J. M, Yun. G. H. "A Study on the Designation of MIPO Emergency Anchorage", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety. Vol 18, No. 4, pp 316-322
- [22] Jung. C. H, Kong. G. Y, Bae. B. D, Lee. Y. S, " Analysis on the Pattern of Dragging Anchor in Actual Ship", Journal of Navigation and Port Research, Vol 33, No. 8, pp505-511

- [23] Yun. G. H, Kim. B. Y, Park. J. S, Lee. Y. S, "Enlargement of Harbour limit and Anchorages according to the development of New Ulsan Port", Journal of Navigation and Port Research, Vol 34, No. 6, pp487-492
- [24] Lee. Y. S, "A Study on the Anchoring Safety Assessment of E-Group Anchorage in Ulsan Port", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol 20, No. 2, pp 172-178
- [25] Jung. C. H, Lee. Y. S, Kim. J. S, Kong. G. Y, "A Study on the Holding Power Coefficient of AC-14 type and ASS type Anchor in Actual Ships", Journal of Navigation and Port Research. Vol 35, No. 8, pp 613-618
- [25] Ministry of Oceans and Fisheries, "2013 Statistical Yearbook of MOF", 2013
- [26] Nam. T. K, Jung. C. H, Kim. J. M, Choi. H. J, "A Study on the Calculation of Towing Force for the Disabled Ship and Its Experiments", Journal of Navigation and Port Research, Vol 38, No. 5, pp 463-470

